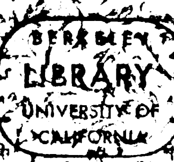
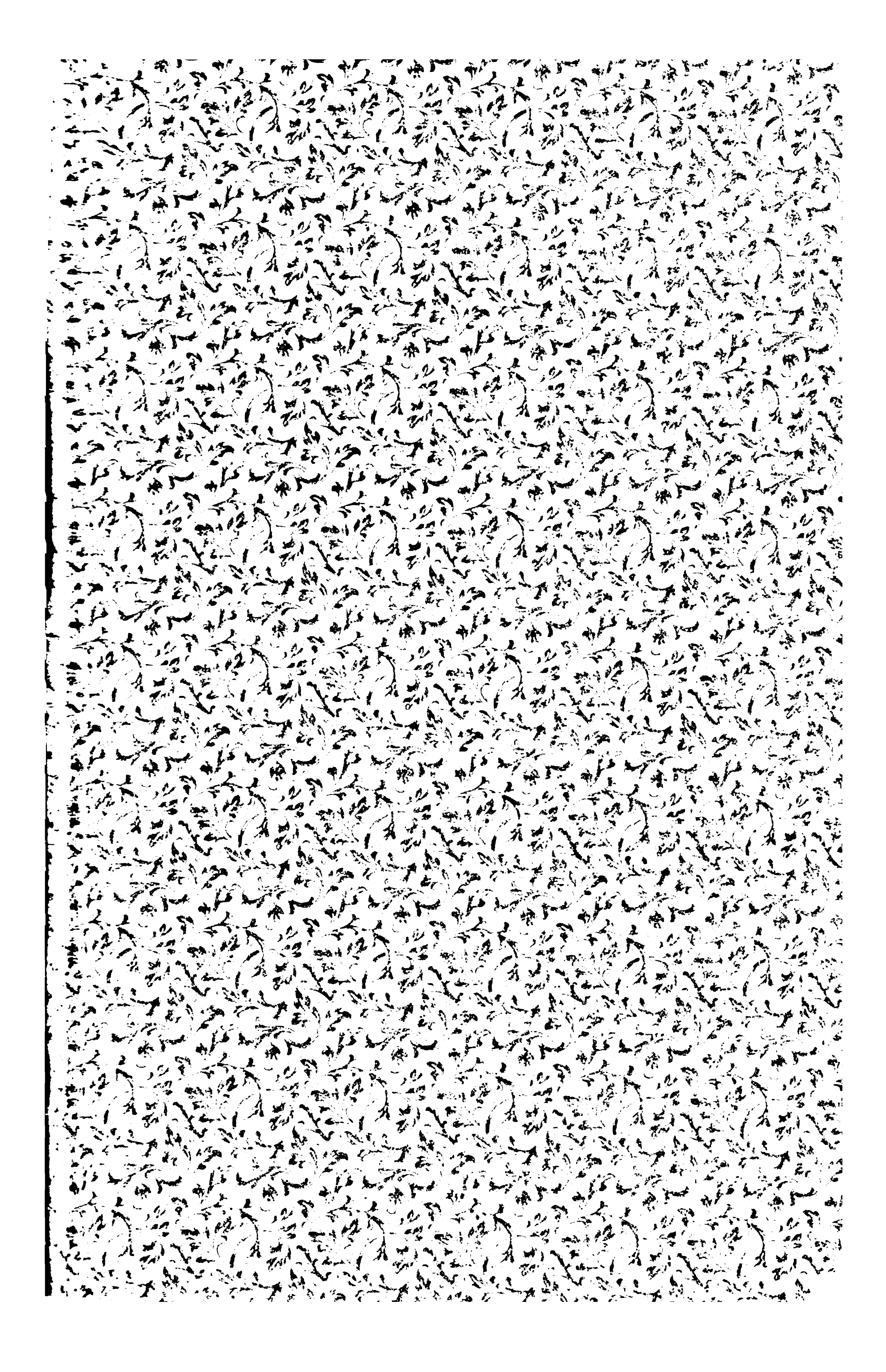










Illustrierte populäre Botanik.

Gemeinfassliche Anleitung
zum
Studium der Pflanze und des Pflanzenreichs.

Von
Eduard Schmidlin.

Vierte, gänzlich neu bearbeitete Auflage
von
Dr. O. E. R. Zimmermann.

Mit vielen Holzschnitten und 62 kolorierten Tafeln.

I. Teil.
Allgemeine Botanik.
(Hierzu die Tafeln 1—32).



Leipzig,
Alfred Oehmigke's Verlag.
1886.

deutsche Gebiet umfassen und nach dieser Beziehung hin die deutsche Flora annähernd vollständig enthalten. Neben den einheimischen wildwachsenden haben in der systematischen Aufführung aber auch die angebauten, sowie die technisch und medizinisch wichtigsten ausländischen Pflanzen Berücksichtigung gefunden, sodaß das Buch auch als Nachschlagebuch für dergleichen Pflanzen und deren Produkte dienen kann.

Die wissenschaftlichen Arbeiten, welche bei der Bearbeitung benutzt wurden, sind die der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete der Botanik überhaupt. Ihnen wurde auch eine große Anzahl von den Abbildungen entnommen, welche hier und da den Text verständlicher bez. anschaulicher machen sollen. Es erscheint jedoch überflüssig, die stattliche Reihe der Autoren einzeln aufzuzählen, und zwar um so mehr, als dieselben in der Regel im Texte selbst oder in den dazu gegebenen Anmerkungen Erwähnung finden. Auf die illustrierten Tafeln wird bereits im ersten Bande mehrfach verwiesen, eine ausgiebigere Berücksichtigung finden sie jedoch erst im zweiten Bande, wo sie zum Teil eine Bestätigung der bestimmten Pflanzen gewähren, zum Teil eine Anschauung von den technisch und medizinisch wichtigsten ausländischen Pflanzen vermitteln sollen. Prüft man sie genauer, so wird man sehr bald erkennen, wie sorgfältig sie trotz ihrer Kleinheit ausgeführt und wie getreu durch sie im allgemeinen der Habitus der Pflanze wiedergegeben ist.

Unterzeichneter ist redlich bemüht gewesen, das Buch zu einem möglichst brauchbaren zu gestalten. Ob dies annähernd geschehen sei, ob er bei seiner Auswahl wenigstens in den meisten Fällen das Richtige getroffen habe, das wird sich bei der Benutzung sehr bald zeigen. Den Nachweis von Mängeln wird er stets dankbar entgegennehmen.

Leider sind im Buche eine Anzahl Druckfehler stehen geblieben. Diejenigen, welche dem Verfasser bisher auffielen, finden sich am Schlusse jeden Bandes verzeichnet. Es wird recht sehr gebeten, dieselben vor dem Gebrauche zu verbessern.

Chemnitz, den 21. Dezember 1883.

Dr. O. E. R. Zimmermann.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 1

Erstes Kapitel.

Die einzelne Zelle als Baustein des pflanzlichen Organismus.

1. Allgemeines 4
2. Die Zellhaut 8
3. Das Protoplasma 13
4. Die Chlorophyllkörner 17
5. Die Krystalloide 20
6. Die Proteïnkörner 20
7. Das Stärkemehl 22
8. Der Zellsaft 24
9. Die Krystalle 28
10. Die Zellbildung 29

Zweites Kapitel.

Die Zellen in ihrem Zusammenhange untereinander.

1. Die Entstehung der Zellgewebe 36
2. Gewebeformen 39
3. Zellfusionen oder Gefäße 42
4. Drüsen, Saftbehälter und Saftgänge 46
5. Gewebesysteme 49
   A. Das Hautgewebe 49
      Haarbildungen 52
      Drüsenhaare bez. drüsige Oberhautbildungen 55
      Die Spaltöffnungen 57
      Korkbildungen (Periderm, Borke) 60
      Die Lenticellen 62
   B. Die Gefäßbündel, Fibrovasalstränge 63
   C. Das Grundgewebe 67
6. Vegetationsspitze und Vegetationsschicht 68

Drittes Kapitel.

Die Pflanze nach ihrer äußeren Gliederung.

1. Die Glieder des Pflanzenkörpers im allgemeinen 72
2. Die Achsengebilde 74

Seite
3. Die Wurzelgebilde 81
4. Die Blattgebilde 85
A. Die Niederblätter 89
B. Die Laubblätter 90
C. Die Hochblätter 99
5. Die Haargebilde (Trichome) 100
6. Die Blüte 102
Der Blütenstand (Infloresceny) 110
Der Blütenboden 112
Die Blütenhüllen 113
a) Der Kelch 114
b) Die Blumenkrone 116
c) Die Staubblätter oder Staubgefäße 120
d) Das Pistill 124
e) Der Same 128
f) Die Frucht 131

Viertes Kapitel.

Die pflanzlichen Lebenserscheinungen und Lebensbedingungen.

1. Die Ernährung:
Die Nährstoffe 135
Die Aufnahme der Nährstoffe 140
Die Assimilation 142
Stoffwechsel und Stoffwanderung 145
Atmung 148
Fleischfressende Pflanzen 150
2. Das Wachstum:
Die Vorgänge beim Wachstum 154
Eigenschaften wachsender Pflanzenteile 157
3. Die Bewegung der Flüssigkeiten innerhalb der Pflanze:
Die Bewegung des Wassers 160
Die Bewegung der Luft 163
4. Der Einfluß äußerer Kräfte auf die pflanzlichen Lebenserscheinungen:
Wirkung des Lichtes 165
Wirkung der Temperatur 169
Wirkung der Elektrizität 174
5. Die an den pflanzlichen Organen auftretenden Bewegungen 175
Spontane Nutation 175
Das Winden der Schlingpflanzen 177
Das Klettern der Pflanzen 179
Torsion 182
Die Schlafbewegungen der Pflanzen (Nyctitropismus) 183
Heliotropismus 188
Geotropismus 191
Durch Zug, Druck und Berührung veranlaßte Bewegungen 193
Bewegungen, die eine Ortsveränderung herbeiführen 196
6. Fortpflanzung:
Allgemeines 198

	Seite
Lagerpflanzen ohne Geschlechtlichkeit	199
Die niedersten Formen geschlechtlicher Fortpflanzung	200
Höhere Formen geschlechtlicher Fortpflanzung bei den Lagerpflanzen	204
Die geschlechtliche Fortpflanzung bei den beblätterten Sporenpflanzen	210
Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Samenpflanzen	215
Die geschlechtliche Fortpflanzung der Samenpflanzen (Blütenpflanzen):	
Vorläufiges	216
Die Bestäubung	218
Hindernisse der Selbstbestäubung	220
Bestäubungsvermittler	226
Schlußbemerkungen zur Bestäubung	245
Die Befruchtung und Keimbildung der Gymnospermen (Archispermen)	246
Befruchtung und Samenbildung der Angiospermen (Metaspermen)	249
Bastardbefruchtung (Hybridation)	253
Samenverbreitung	257
7. Verlauf des pflanzlichen Lebens:	
Perioden des Pflanzenlebens	264
Die Lebensweise der Pflanzen	268
Die Lebensdauer und der natürliche Tod der Pflanzen	277

Fünftes Kapitel.

Die Pflanzenkrankheiten (Phytopathologie).

1. Allgemeines	279
2. Mangel oder ungenügende Beschaffenheit der allgemeinen Lebensbedingungen:	
Licht und Temperatur	280
Einfluß von Boden und Luft	282
3. Verletzungen	291
4. Pflanzliche Schmarotzer	299
Die Chytridiaceen	300
Die Saprolegniaceen	300
Die Peronosporeen	301
Die Askomyceten	303
Die Brandpilze	310
Die Rostpilze	313
Die Hymenomyceten	316
5. Tierische Schmarotzer	317
Schlußbemerkungen: Schutzmittel der Pflanzen gegen feindliche Einflüsse	324

Sechstes Kapitel.

Entstehung der Pflanzenformen.

1. Veränderlichkeit der Pflanzen und Entstehung der Varietäten	328
2. Verstärkung und Vermehrung der neuen Eigenschaften bei der Fortpflanzung der Varietäten	332
3. Menschliche Zuchtwahl	334
4. Natürliche Zuchtwahl und Anpassung der Organismen an die gegebenen Bedingungen	336
5. Die Abstammungs-(Descendenz-)Theorie	343

Siebentes Kapitel.

Seite
Die Pflanzenwelt in den früheren Perioden unseres Erdkörpers 345

Achtes Kapitel.

Pflanzengeographie.

1. Allgemeines 355
2. Horizontale Verbreitung der Pflanzen 358
3. Vertikale Verbreitung der Pflanzen 371

Neuntes Kapitel.

Die Pflanzenwelt in ihren mannigfachen Beziehungen zum Menschen 374

Erklärung der Tafeln 1—32 389
Register zum ersten Bande 398

Einleitung.

Die belebte Welt, welche sich auf der unbelebten in so reicher Mannigfaltigkeit entwickelt hat, teilt man gewöhnlich in zwei Reihen von Organismen: Tiere und Pflanzen. Diese Einteilung ist jedoch nicht auf dem Wege der streng wissenschaftlichen Untersuchung gewonnen worden, sondern aus der Unterscheidung der lebendigen Naturkörper hervorgegangen, welche schon der einfachste Naturmensch machte, sobald ihm das Bedürfnis nahe trat, die ihn umgebenden Lebewesen nach den augenfälligsten Merkmalen mit Namen zu belegen. Fast alle Naturvölker, die nur einigermaßen die erste Stufe tierischer Roheit überschritten, haben diese Einteilung und besitzen in ihrer Sprache zugleich bestimmte Worte für die Gesamtheit der Glieder beider Reihen.

Die Begriffe „Pflanze und Tier“ wissenschaftlich festzustellen, unternahm man erst in einer späteren Zeit. Dabei schrieb man frühe schon den Tieren, welche sich gleich den Menschen willkürlich bewegen und empfinden, eine Seele zu, während man dieselbe den Pflanzen absprach, und damit glaubte man ein treffendes und zugleich durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen beiden gefunden zu haben. Nach und nach stellte sich aber doch heraus, daß an den Grenzen beider Reiche eine große Menge Wesen existieren, auf die jenes Unterscheidungsmerkmal nicht paßt, und schon Aristoteles, der größte Naturforscher des Altertums, erkannte die Unmöglichkeit einer scharfen Trennung. Er sagt in seiner **historia animalium**: „Die Natur geht allmählich von den unbeseelten Naturkörpern zu den Tieren über durch solche, die zwar leben, aber nicht Tiere sind, so daß es scheint, als ob der eine sich vom andern dadurch, daß sie sich einander nahe stehen, wenig unterscheide.“ Und an einer anderen Stelle: „So steigert sich jenes Princip des Lebens in unmerklichen Stufen bis zur Tierseele hinauf, so daß man in dem Verfolg seiner Reihen das Nächstverwandte und das in der Mitte Liegende kaum zu unterscheiden vermag.“ Mit dieser Erkenntnis war freilich der berühmte Philosoph von Stagira seiner Zeit weit vorausgeeilt. Selbst Linné, der Begründer der zoologischen und botanischen Systematik, hatte sich noch nicht bis auf diese Höhe der Betrachtung erhoben; er setzte den Unter-

schied der Tiere und Pflanzen ebenfalls noch darein, daß die Pflanzen leben, aber nicht empfinden, während die Tiere leben, empfinden und sich willkürlich bewegen („Vegetabilia vivunt, non sentiunt. Animalia vivunt et sentiunt sponteque se movent.“ Linné, Systema naturae). Und diese Unterschiede hielt er für absolut und ohne allmähliche Übergänge bestehend.

So leicht sich die Pflanzen und Tiere auf den höchsten Stufen ihrer Ausbildung voneinander unterscheiden lassen, so schwierig ist dies auf den tieferen. Je weiter wir im Tierreich wie im Pflanzenreich hinabsteigen, um so einfacher werden die Gebilde, und die Merkmale der willkürlichen Bewegung wie der Empfindung lassen sich den niederen Tieren schließlich ebenso wenig beilegen als den Pflanzen. Umgekehrt finden wir bei den höheren Pflanzen vielfach Bewegungen, die durch innere Kräfte hervorgerufen werden. Ich erinnere nur an die ausgezeichneten Erscheinungen der Reizbarkeit, welche die Blätter der Mimosen oder Sinnpflanzen, der Dionnaea muscipula, die Staubfäden der Centaureen, Berberideen ꝛc. zeigen. Die mechanische Arbeit, welche hier gewisse Teile der Pflanze leisten, ist in hohem Maße der Muskelkontraktion ähnlich, und die bekannten Bewegungen der reizbaren Mimosen gleichen merkwürdig den Reflexbewegungen der Tiere. Selbst aktive Ortsbewegungen lassen sich bei verschiedenen Pflanzen beobachten, wie bei den sogenannten Myxomyceten oder Schleimpilzen, den Bakterien oder Spaltpilzen, den Schwärmsporen der Algen u. s. w. Die niedersten tierischen und niedersten pflanzlichen Gebilde zeigen schon infolge ihrer einfachen Organisation die größte Ähnlichkeit. Viele derselben sind einzellig, aber weder die Beschaffenheit der Zellhaut, noch die des von derselben umschlossenen Protoplasma geben einen Anhalt zur Unterscheidung in tierische oder pflanzliche Gebilde. Aus diesem Grunde sind sie vielfach streitiges Gut, welches der Zoolog ebenso oft für sich in Anspruch nimmt, wie der Botaniker. Prof. Häckel schlägt deshalb vor, eine vermittelnde Gruppe von Organismen als ein besonderes Reich zwischen das Pflanzen- und Tierreich einzufügen, welches die Urwesen oder Protisten, die unentschiedenen Wesen beider Reiche, umfasse. Aber ebenso schwierig, wie sich die Grenze zwischen Tier und Pflanze feststellen läßt, ebenso schwierig ist auch die Grenze zwischen Pflanze und Protist, und wiederum zwischen Protist und Tier festzustellen, so daß eigentlich nicht viel damit gewonnen wird. Bleiben wir also bei der alten Einteilung der Lebewesen in Tiere und Pflanzen und suchen wir uns die Grenze zwischen beiden je nach unseren Anschauungen zurechtzulegen. Das Eine aber scheint festzustehen, daß die Entwickelung der beiden, in ihren vollkommenen Formen so verschiedenen Organismenreihen, die der Sprachgebrauch schon vor der klaren Erkenntniß in seinem dunkeln Drange als Tiere und Pflanzen unterschied, von einem Punkte ihren Anfang genommen hat, daß sie zwei Leitern gleichen, die die unterste Sprosse gemeinsam haben, aber im weiteren Verlaufe immer mehr auseinandergehen.

Im Naturganzen nehmen die Pflanzen, mit denen wir uns in Folgendem weiter beschäftigen werden, eine äußerst wichtige Stellung ein. Sie bilden die Vermittler zwischen dem Reiche des Starren und der Tierwelt; sie sind es, die den Boden erst fähig machen zum Wohnplatz für letztere. Die kahlen Felsen, die zu irgend einer Zeit einmal unsere Erdoberfläche

bedeckt haben müssen, konnten anfangs nur durch ganz einfache Pflänzchen angegriffen, zersetzt und allmählich in die fruchtbare Bodenkrume umgewandelt werden, die nach und nach immer vollkommener sich entwickelnde, immer üppiger sich ausbreitende Pflanzen hervorbrachte, welche wiederum das Nährmaterial für eine immer mannigfaltiger sich gestaltende Tierwelt darboten. In der Urzeit waren die Pflanzen es aber auch, die infolge ihrer Fähigkeit, sich die für tierische Organismen schädliche Kohlensäure anzueignen und zur Bildung von Pflanzenstoff zu benutzen, den unendlichen Reichtum an Kohlensäure, der durch die großartigen chemischen Zersetzungen gelegentlich der Erdbildung an das Luftmeer abgegeben worden war, nach und nach aufzehrten und durch Herstellung des jetzt noch bestehenden Gleichgewichts in der Zusammensetzung der Luft die Bedingungen schufen, unter denen die höheren tierischen Geschöpfe, die Warmblüter und schließlich der Mensch, atmen und leben, folglich entstehen konnten. Die Pflanzenwelt ist somit die Mutter der Tierwelt, die Mutter des Menschen. Sie hat ihnen die Bedingungen zur Entstehung geboten, Mensch und Tier sind also gleichsam aus ihrem Schoße hervorgegangen. Für den Menschen insbesondere ist die Pflanzenwelt geradezu ein Garten, in den er gesetzt ist, um darin Befriedigung der meisten seiner Bedürfnisse — Nahrung, Stoff zu Kleidung und Wohnung und außerdem noch so vieles andere Nützliche und Angenehme — zu finden. Für diese treue Fürsorge hat er ihr aber auch von jeher eine unvertilgbare Liebe bewahrt, die sich bei alten Völkern gar nicht selten bis zur Verehrung steigerte. Diese Liebe, die jeder Mensch hochhalten sollte, da sie ihm eine Quelle der reinsten Freuden zu werden vermag, zu einer immer tieferen und bewußteren zu gestalten, dazu wünscht der Verfasser von ganzem Herzen beizutragen.

Erstes Kapitel.

Die einzelne Zelle als Baustein des pflanzlichen Organismus.

---

1. Allgemeines.

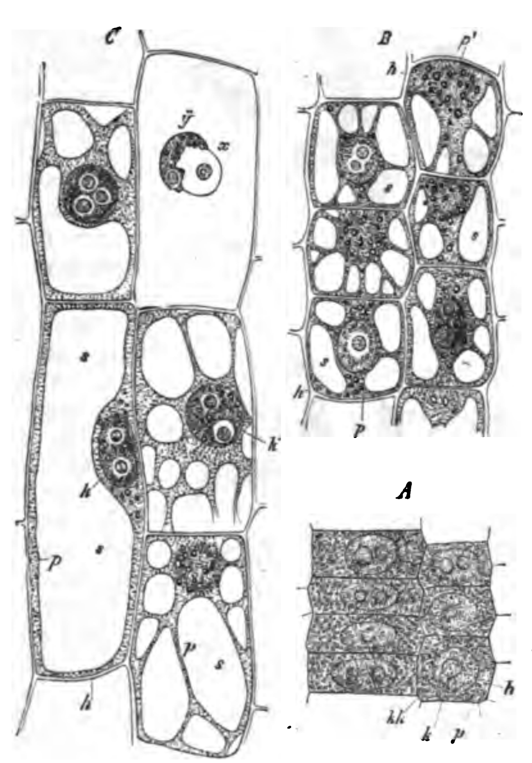
Nehmen wir irgend einen Pflanzenteil zur Hand, sei es Wurzel oder Stamm, sei es Blatt oder Blüte, sei es Frucht oder Samen, und untersuchen wir denselben mikroskopisch auf seine einfachsten Bestandteile, so finden wir ihn aus Zellen zusammengesetzt. Es sind dies kleine, fürs unbewaffnete Auge nicht mehr wahrnehmbare, hohle Körper, die 1) von einer elastischen Wand, welche dem Wasser und der Luft den Durchgang gestattet, und 2) von einem mehr oder weniger flüssigen Inhalte gebildet werden.

Für gewöhnlich stehen diese Zellen miteinander im innigsten Verbande, sind sie zu einem Zellgewebe vereinigt; zuweilen kommen sie aber auch einzeln, unverbunden vor. Bei jeder Pflanze, die ihren ganzen Lebenslauf abspinnt, tritt wenigstens irgend einmal ein Zeitpunkt ein, wo sich einzelne Zellen selbständig machen und für sich selbst in einen besonderen Entwickelungsverlauf eintreten. Man denke nur an den Blütenstaub, der aus den Staubkölbchen der Blütenpflanzen hervortritt, an die innerhalb des Fruchtknotens zum Samenkörnchen sich ausbildende Eizelle, an die Sporen, welche die Früchte der Kryptogamen einschließen. Ja es giebt Pflanzen, die ihr ganzes Leben hindurch nur aus einer einzigen Zelle bestehen, wie viele Algen, die Hefepilze, Spaltpilze.

Das Wichtigste und Wesentlichste an der Zelle ist die schleimartige, zähweiche Substanz, die in frühester Jugend allein die kleinen Hohlkörper ausfüllt, später aber den Raum mit einem oder mehreren Flüssigkeitstropfen, dem sogenannten Zellsafte, teilt und schließlich nur einen mehr oder weniger dicken Wandbelag bildet. Diese Substanz, die allein imstande ist, neue chemische Verbindungen zu erzeugen, neue Zellen zu bilden, von der im Grunde genommen alle Vorgänge des pflanzlichen Lebens ihren Ausgangspunkt nehmen, hat man Protoplasma oder Plasma kurzweg genannt, was sich etwa mit Urbildungsstoff oder Bildungsstoff wiedergeben läßt. Da im Protoplasma allein die Kräfte ruhen, welche bei den pflanzlichen Lebensvorgängen sich thätig erweisen, ist's ganz natürlich, daß eine Zelle, die das Protoplasma verlor,

nicht mehr fähig ist, an diesen Vorgängen thätigen Anteil zu nehmen; sie vermag dann dem Ganzen nur noch zur Stütze oder zum Schutze zu dienen. Dies geschieht im ersten Falle von der Holz-, im zweiten von der Korkzelle.

In Anbetracht des Letzterwähnten ist man in neuerer Zeit zu der Ansicht gekommen, daß eigentlich der Protoplasmakörper allein die Zelle bilde, daß die Zelle in dem oben angegebenen Sinne nur eine weitere Entwickelungsform dieses Körpers sei, ganz ähnlich, wie das fertige Insekt die höhere Entwickelungsform von der Larve ist. Hierzu kommt, daß man bei verschiedenen niederen Pflanzen (Algen, Pilzen) beobachtete, wie der Protoplasmakörper gewisser Zellen sich von der ihn umschließenden Haut freimachte, im Wasser umherschwamm, dabei eine bestimmte Gestalt annahm und endlich wieder zur Ruhe kam, um nun erst eine Haut auszuscheiden, ja, daß man an der Grenze zwischen dem Pflanzen- und Tierreich stehende Organismen (die Schleimpilze oder Myxomyceten) kennen gelernt hat, die, solange sie nicht fruktifizieren, nur aus einem nackten Protoplasmatropfen bez. Protoplasmaklumpen bestehen. Man nennt dergleichen nackte oder Primordial-Zellen. Mit Rücksicht auf alles dieses würde die Zelle als ein Protoplasmakörper zu bezeichnen sein, der in der Regel eine Haut ausscheidet und fähig ist, Wasser bez. Lösungen von Nährstoffen in sich aufzunehmen.



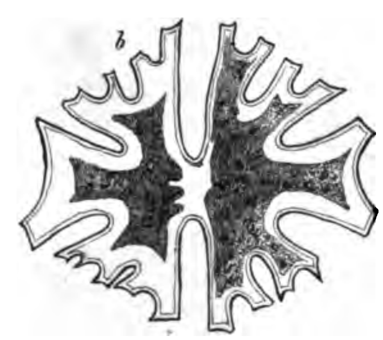
Figur 1. Zellen aus der mittleren Schicht der Wurzelrinde von der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis). A dicht über der Wurzelspitze liegende, sehr junge Zellen, nur mit Protoplasma angefüllt. B Zellen, 2 Millimeter von der Wurzelspitze entfernt, mit Zellsafttropfen s. C Zellen, 7 bis 8 Millimeter von der Wurzelspitze entfernt; der Zellsaft s ist in größerer Menge vorhanden, das Protoplasma bildet teilweise nur einen Wandbelag. Die Zelle rechts oben ist durch den Schnitt geöffnet. Der Zellkern läßt unter dem Zutritt des Wassers eine eigentümliche Quellungserscheinung wahrnehmen. Vergrößerung 550. (n. S.)

Bei höheren Pflanzen findet man dem Protoplasma ausnahmslos einen mehr oder weniger scharf umschriebenen rundlichen Körper eingebettet, der häufig nur als dichteres Schleimtröpfchen, zuweilen aber auch als deutliches Bläschen erscheint; dies ist der Zellkern (Cytoblast). Er stellt einen geformten Teil des Protoplasma selbst dar und scheint besonders bei der Zellbildung mit thätig zu sein.

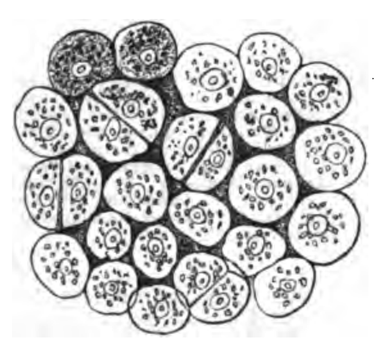
Die Mehrzahl der pflanzlichen Zellen ist, wie oben erwähnt, mikroskopisch klein; nur selten werden sie dem unbewaffneten Auge sichtbar. Dessenungeachtet ist ihre Größe sehr veränderlich, wenn auch durchaus unabhängig von der Größe der Pflanze, die sie bilden. Die Zellen unserer größten Baumriesen übertreffen im allgemeinen nach dieser Beziehung hin nicht die der zwergenhaftesten Pflänzchen. Dabei ist aber die Größe der Pflanzenzellen bei den gleichen Organen verschiedener Gewächse sehr verschieden, während sie sich bei gleichen Organen verschiedener Individuen derselben Pflanzenart nahezu gleich bleibt. Zellen von sehr geringen Dimensionen finden wir bei dem bekannten Fäulnisorganismus, dem Bacterium termo; dieselben sind nur 0,001—0,002 Mm. lang und breit. Der Durchmesser der meist rundlichen Blütenstaubzellen schwankt zwischen 0,2 Mm. und 0,0075 Mm. Ziemlich groß werden die langgestreckten Holzzellen, welche zwischen 0,7 und 2 Mm. Länge schwanken; doch erreichen die spindelförmigen Bastzellen eine noch bedeutendere Länge, die der Nessel eine Länge von 2,6 Cm., die des Flachses eine solche von 4 Cm. Geradezu riesig erscheinen die Zellen von einigen Armleuchtergewächsen, die bei einem Durchmesser von 0,8 Mm. oft 8—10 Cm. lang werden. — Diese letzteren Angaben betreffen jedoch Ausnahmen, und im allgemeinen ist und bleibt die Pflanzenzelle ein kleines, winziges Gebilde.



Figur 2a. Rundliche und ellipsoidische Zellen. Hefezellen aus frischer Bierhefe. Vergrößerung 600.



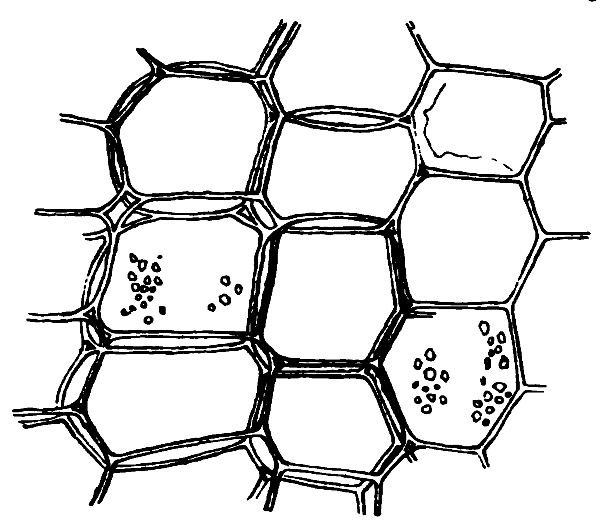
Figur 2b. Unregelmäßig-sternförmige Zelle. Euastrum crux nelitensis, einzellige Alge (Desmidiee). Vergrößerung 400.



Figur 3a. Schnitt durch die Vegetationsspitze des jüngst gebildeten Gewebes von der Feige (Ficus carica); rundliche Zellen. Vergr. 1200. (n. Th.)

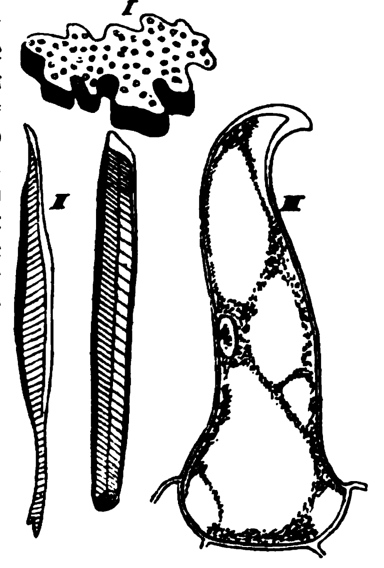
Die Gestalt solcher Zellen, welche für sich allein ein pflanzliches Individuum bilden, ist meist rundlich oder ellipsoidisch (Figur 2a); sie kann aber auch eine große Mannigfaltigkeit zeigen, indem an der Oberfläche verschiedene Ausstülpungen hervortreten (Figur 2b). Die umfangreicheren Pflanzen lassen schon äußerlich eine sehr verschiedenartige Ausbildung ihrer einzelnen Teile wahrnehmen, welcher gemäß auch die diese einzelnen Teile bildenden Zellen von sehr verschiedener Form sind. Ja selbst in demselben Pflanzenorgane können die verschiedenst geformten Zellen dicht nebeneinander auftreten. Im allgemeinen kann man kurze, tafelförmige und gestreckte Zellen unterscheiden. Die kurzen sind wieder bald kugelig (Figur 3a), bald ellipsoidisch, bald polyedrisch (Figur 3b). Bei mehrzelligen Gewächsen kommen die ersteren dort vor, wo sich die Zellen

ungehindert entwickeln können, also bei Sporen, Blütenstaubzellen, Haarköpfchen, überhaupt bei den meisten Zellen in der ersten Jugend. Durch



Figur 3b. Schnitt durch das Mark vom Schiefblatt (Begonia obliqua polyedrische Zellen. Vergr. 315. (n. W.)

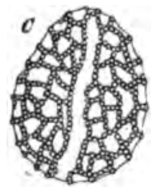
den Druck der Nachbarzellen wird die kugelförmige oder ellipsoidische Zelle an der Oberfläche abgeplattet, ähnlich wie sich auch eine Anzahl weicher Kugeln unter dem Drucke der Hand zu Vielflächnern (Polyedern) umformen; sie wird zur polyedrischen (Figur 3b). Kurze, bez. polyedrische Zellen bilden das Fleisch vieler Früchte, das Mark 2c. Vergrößert sich die ursprünglich kugelförmige Zelle in der Richtung der Fläche, so bildet sich die tafelförmige (Figur 4 I), welche besonders an der Bildung der Oberhaut, bez. der Rindenschichten teilnimmt; wächst sie dagegen hauptsächlich an zwei einander entgegengesetzten Seiten, so entstehen prismatische (Figur 4 II), cylindrische, spindelförmige, sichelförmige, hakenförmige (Figur 4 III), Sförmige Zellen, die wir sämtlich unter dem Namen der gestreckten (Figur 4 II, III) zusammenfassen. Solche finden sich vor allem im Holz und Bast. Wachsen die Zellen an mehreren Stellen in hervorragender Weise, so können aber auch ausgebuchtete, verzweigte, sternförmige Zellen entstehen.

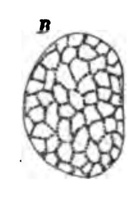


Figur 4. I Zelle aus der Oberhaut vom Wasserstern (Callitriche), tafelförmige Zelle. II Holzzellen vom Hanf (Cannabis sativa) und der Bach-Kratzdistel (Cirsium rivulare), prismatische Zellen. III Blatthaar vom gemeinen Labkraut (Galium Mollugo), hakenförmige Zelle.

2. Die Zellhaut.

Die Haut, welche die Zelle umschließt, wird vom Protoplasma abgeschieden. Sie besteht in der Hauptsache aus sogenanntem Zellstoff (Cellulose), dem unorganische Bestandteile (Aschebestandteile) und Wasser beigemengt sind. Die ursprüngliche Beschaffenheit behält sie niemals sehr lange, sie verändert sich sehr bald hinsichtlich ihrer Form und Dicke, sie wächst. Das Wachstum erfolgt stets nur dadurch, daß sich zwischen ihre Moleküle aus dem Protoplasma immer neue Zellstoffmoleküle einlagern (durch Intussusception), also nicht durch bloße Auflagerung (Apposition). Nur in den seltensten Fällen ist dieses Wachstum ein an allen Stellen gleichmäßiges. Anfangs herrscht gewöhnlich das Flächenwachstum vor, und dasselbe giebt Anlaß zur Entstehung der vorhin aufgezählten verschiedenen Zellformen. Später überwiegt das Dickenwachstum, welches zur Folge hat, daß die Oberfläche der Zellen mit charakteristischen Vorsprüngen versehen wird. Dieselben können auf der Außen- oder auf der Innenseite entstehen. Während durch erstere der innere Zellraum nicht verändert wird, geschieht dies stets durch letztere. Derselbe kann dadurch nicht bloß stark eingeengt, sondern förmlich zum Verschwinden gebracht werden. — Vorsprünge an der Außenseite zeigen vor allem solche Zellen, deren Wände freiliegen, sie treten meist in Form von Knoten, Warzen, Stacheln oder auch Leisten auf, die netzartige Figuren bilden. So tragen die Pollenkörner von der Stockmalve (Alcea rosea) stachelartige, die von der blauen Taglilie (Funkia ovata) zu netzartig verbundenen Reihen angeordnete knopfförmige Vorsprünge, während die Pollenkörner der wilden Cichorie (Cichorium Intybus) netzartig verbundene Verdickungsleisten besitzen, auf denen kammartig angeordnete Stacheln stark vorspringen (Figuren 5 und 6). Ein ganz eigentümliches Dickenwachstum auf der Außenseite zeigen die kurzen Zellen des Blattgewebes von einigen Farnen (mehrere Marattiaceen), die auf ihrer Oberfläche lange, fadenförmige, oft sogar verzweigte Fortsätze bilden, die weit in die vorhandenen Zellzwischenräume hineinragen.





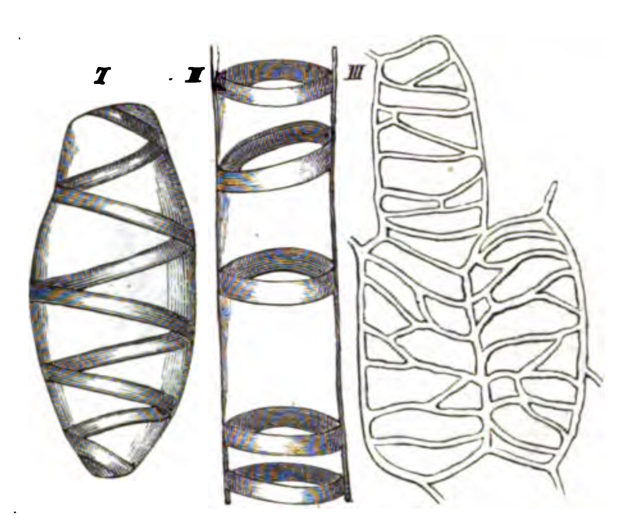
Figur 5. Pollenkörner von der blauen Taglilie (Funkia ovata), mit knopfförmigen Vorsprüngen, die in netzartig verbundenen Reihen angeordnet sind. B jüngeres, C älteres Korn. (n. S.)



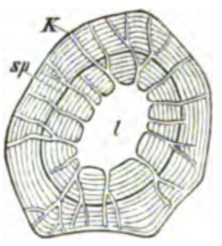
Figur 6. Pollenkorn der wilden Cichorie (Cichorium Intybus), mit netzartig verbundenen Verdickungsleisten, auf denen kammartig angeordnete Stacheln stark vorspringen. (n. S.)

Mit Ausnahme der eben erwähnten Farne haben die zu Geweben verbundenen Zellen die betreffenden Unebenheiten auf der Innenseite ihrer Wand, auf welcher sie als Erhabenheiten von ganz bestimmter Form gegen das Innere vorragen. Sie erscheinen dann als Leisten, die sich entweder spiralig (Figur 7 I) durch die Zelle ziehen, oder sich ringförmig (Figur 7 II) schließen, oder aber sich netzförmig (Figur 7 III) verbinden. Bleiben nur einzelne sehr kleine Stellen der Wand hinter dem Dickenwachstum der

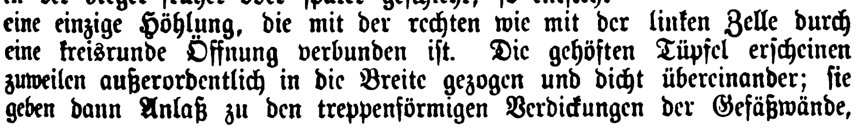
übrigen zurück, so entstehen — von der Oberfläche gesehen — helle Flecken, sogenannte Tüpfel, die aber, wie der Durchschnitt zeigt, und wie es ja auch nicht anders sein kann, Kanäle (Figur 8) darstellen, die je nach der geringeren oder beträchtlicheren Dicke der Wand, die sie durchsetzen, von geringerer oder bedeutenderer Ausdehnung sein müssen. Da die benachbarte Zelle in gleicher Weise sich verdickt und Tüpfel und Tüpfelkanäle beider Seiten aufeinandertreffen, so muß natürlich, sobald die unverdünnt gebliebene Zellhautstelle aufgelöst worden ist, ein beide Zellen verbindender Kanal entstehen. Die Tüpfel können rund oder länglich sein. Bei Holzzellen (bei denen der Nadelhölzer ausnahmslos) kommen sehr häufig gehöfte Tüpfel vor (Figur 9). Ein solcher erscheint, von der Fläche gesehen, in der Form zweier konzentrischer Kreise, und seine Bildung erfolgt so, daß beim Beginn der Hautverdickung ein verhältnismäßig größerer kreisförmiger Raum unverdickt bleibt, daß aber beim Fortschreiten die Verdickung nach innen übergreift, also mehr Fläche gewinnt und sich so über dem dünn gebliebenen Wandteile zusammenwölbt. Von den zwei Kreisen, welche die Flächenansicht eines solchen Tüpfels zeigt, markirt der größere den Umfang der ursprünglich dünn gebliebenen Hautstelle, der kleinere den vorgeschobenen inneren Rand der Verdickungsmasse (Figur 10). Da dergleichen Bildungen wiederum niemals einseitig, sondern in den beiden anstoßenden Zellen zu gleicher Zeit erfolgen, so muß durch die beiden Überwölbungen ein linsenförmiger Raum abgegrenzt werden, welcher die ursprünglich unverdickt gebliebene Zellhaut in zwei gleiche Hälften teilt. Wenn dieses zarte, trennende Häutchen aufgelöst ist, was in der Regel früher oder später geschieht, so entsteht



Figur 7. I Spiralfaserzelle aus einer Fackeldistel (Opuntia Torna), II Ringfaserzelle aus dem Schilfrohr (Arundo donax), III Netzfaserzellen aus dem Staubbeutel einer Vogelmilch (Ornithogalum).

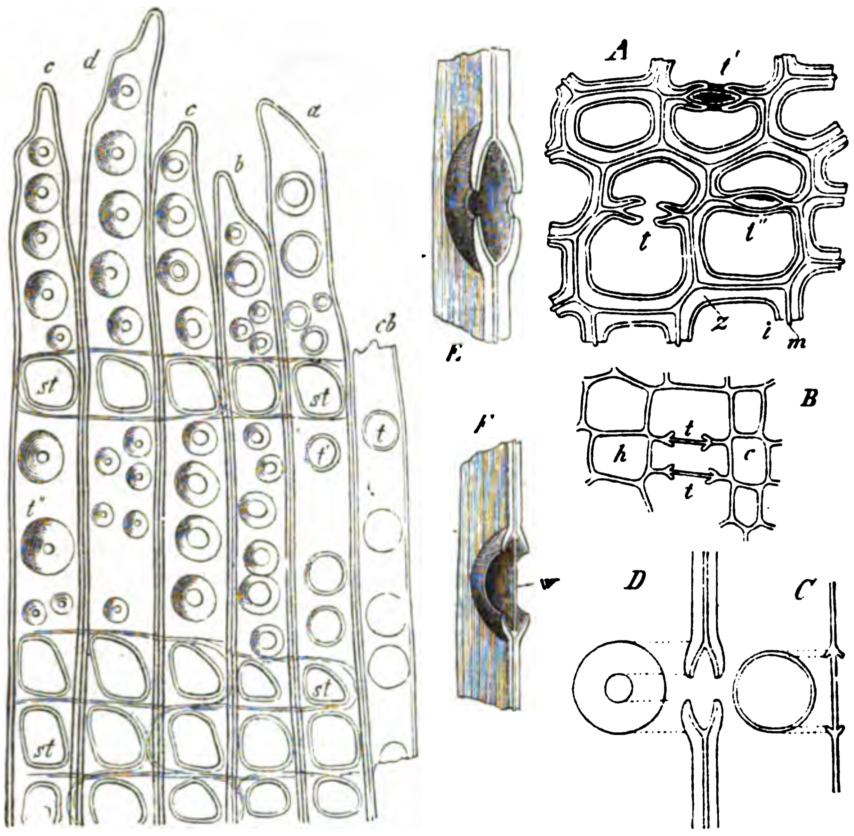


Figur 8. Querschnitt einer Zelle der Wurzelknolle von der Georgine (Dahlia variabilis); l die Zellhöhlung, K Tüpfelkanäle, die auf der Zellhaut als Poren erscheinen, sp ein Sprung, durch den sich ein inneres Schichtensystem abgesondert hat. Vergr. 800. (n. S.)



eine einzige Höhlung, die mit der rechten wie mit der linken Zelle durch eine kreisrunde Öffnung verbunden ist. Die gehöften Tüpfel erscheinen zuweilen außerordentlich in die Breite gezogen und dicht übereinander; sie geben dann Anlaß zu den treppenförmigen Verdickungen der Gefäßwände,

wie sie z. B. die meisten unserer einheimischen Farne so schön zeigen (Figur 11). Zuweilen kommt es vor, daß die dünnen Häutchen, welche den linsenförmigen Raum eines gehöften Tüpfels halbieren, durch lebhaftes Flächenwachstum Ausbuchtungen bilden, die durch die Tüpfelpore in die nebenliegende Zelle hineinwachsen, sich dort ausbreiten, selbst durch Querwände



Figur 9. Radikaler Längsschnitt durch das Holz der Kiefer (Pinus silvestris); cb jüngere, a-c ältere Holzzellen; t, t', t" gehöfte Tüpfel der Holzzellen; st große Tüpfel, wo Markstrahlenzellen den Holzzellen anliegen. Vergr. 550. (n. S.)

Figur 10. A Querschnitte von fertig ausgebildeten Holzzellen der Kiefer (Pinus silvestris); m mittlere Schicht der gemeinsamen Wand, z Zwischenschicht, i innere Schicht, t, t', t" durchschnittene Tüpfel (t genau in der Mitte durchschnitten). B Querschnitt durch das Cambium, c in Bildung begriffene Holzzellen, h Holzzellen, t beginnende Tüpfelbildung an denselben. C—F schematische Figuren zur weiteren Veranschaulichung der Tüpfelbildung. Vergr. 800. (n. S.)

teilen und einen Gewebekörper bilden, der unter Umständen die ganze Zelle erfüllt. Man hat dergleichen Bildungen als Thyllen (auch Tüllen) bezeichnet und findet sie gar nicht so selten in alten Kürbiswurzeln, im Holz der falschen Akazie (Robinia Pseud-Acacia).

In und unter den Oberhautzellen vieler Nessel- und Bärenklaugewächse kommen zuweilen auch lokale Zellstoffwucherungen vor, die in den Zellraum

hineinragen und sich hier allmählich zu keulenförmigen Körpern ausbilden, die an einem dünnen Stiele sitzen und einer dichtbeerigen Weintraube gleichen. Man hat sie Cystolithen (Traubenkörper) genannt. Immer lagern sich ihrer Masse große Mengen kohlensauren Kalkes und zwar in krystallinischem Zustande ein.

Sobald die Zellhaut nur eine etwas größere Dicke erlangt hat, erscheint sie unter dem Mikroskope geschichtet, d. h. sie gewinnt das Ansehen, als ob sie aus verschiedenen übereinander liegenden dünnen Häutchen bestehe (siehe Figur 8). Oft beobachtet man nur wenige, oft aber auch zahlreiche solcher Schichten. Wie Prof. Nägeli zuerst bestimmt nachwies, hat diese Erscheinung ihren Grund in dem verschiedenen Wassergehalt der Zellhaut, der nur im Jugendzustande gleichmäßig, später aber so verteilt ist, daß wasserreiche und wasserarme Schichten miteinander abwechseln. Diese Schichten werden mit der Dickenzunahme der Zellhaut zahlreicher, sind aber stets so angeordnet, daß sowohl die innerste als auch die äußerste sich als eine wasserarme darstellen. Neben der Schichtung zeigen die Zellhäute nicht selten auch eine Streifung. Während die erstere sich auf dem Quer- und Längsschnitt der Haut bemerklich macht, zeigt sich die letztere auf der Flächenansicht. Wir bemerken hier unter dem Mikroskop zwei Systeme von parallelen Linien, die sich schneiden. Daß die ungleiche Verteilung des Wassers in der Zellhaut auch die Ursache von der Streifung ist, wird durch das Verschwinden derselben infolge vollständiger Wasserentziehung, wie starker Wassereinlagerung oder Quellung erwiesen.

Figur 11. Treppenförmig verdickte Wände eines Gefäßes aus dem Adlerfarn (Pteris aquilina); A halbe Gefäßzelle, isoliert; B—D Schnitte durch dergleichen Gefäßzellen cc senkrechter Durchschnitt der Wand; C Flächenansicht einer jungen Gefäßwand; D senkrechter Durchschnitt derselben; E Stelle, wo ein Gefäß an eine saftige Zelle grenzt, im Durchschnitt senkrecht auf die Verdickungsleisten der Gefäßzelle. Vergr. 800. (n. S.)

Während die Zellhaut in ihrem Jugendzustande ganz deutlich die sogenannte Cellulosereaktion zeigt, d. h. durch Jod unter Zuhilfenahme von Schwefelsäure blau gefärbt wird, ist dies im vorgeschrittenen Alter nicht mehr der Fall. Der Zellstoff, von welchem sie gebildet wird, muß sich also chemisch verändert haben. Für gewöhnlich erstrecken sich aber diese Umänderungen nicht auf die ganze Dicke der Zellwand, sondern bloß auf einzelne Schichten derselben. Als wichtigste Veränderungen der Zellhaut unterscheidet man die Cuticularisierung bez. Verkorkung und die Verholzung.

Die Cuticularisierung tritt bei den Zellhäuten ein, die sich unmittelbar mit Luft oder Wasser berühren, sowie in den äußersten Hautschichten der Holz- und Bastbündel. Sie erfolgt dadurch, daß sich zwischen die Zellstoffmoleküle der betreffenden Häute die Moleküle eines stickstoffhaltigen Körpers

einlagern. Es hat dies zur Folge, daß diese Häute nun zersetzenden Einflüssen jeglicher Art (Fäulnis, Säuren) weit energischer widerstehen, als früher, da sie noch von reinem Zellstoff gebildet wurden. Die betreffende Änderung in der chemischen Beschaffenheit beginnt in der äußersten Hautschicht und schreitet von da nach innen vorwärts. An der ersten Stelle erfolgt sie stets am vollkommensten. Mit der Zeit verschmelzen die äußersten Hautschichten der aneinanderstoßenden Oberhautzellen so vollständig miteinander, daß sie ein besonderes, vollständig geschlossenes Häutchen zu bilden scheinen. Früher nahm man deswegen auch an, daß dieses Häutchen, welches man Cuticula nannte, sich erst nachträglich von den sämtlichen Oberhautzellen abgeschieden habe, bis Prof. Wigand den wahren Sachverhalt darlegte, d. h. die Cuticula als die chemisch veränderte äußerste Hautschicht der Oberhautzellen nachwies.

Während, wie eben bemerkt, bei den unter der Cuticula liegenden Zellstoffschichten die chemische Umänderung nach dem Zellraum (Lumen der Zelle) zu immer geringer wird, ist die innerste oft ganz unverändert geblieben und reagiert nach wie vor als reiner Zellstoff. So bilden sich in den nach außen gelegenen Wänden der Oberhautzellen infolge der eben erwähnten Umänderung gewissermaßen drei Schalen von verschiedener chemischer Beschaffenheit: a) das vorhinerwähnte Häutchen, die Cuticula, welches stets ganz homogen erscheint, b) die unter demselben befindlichen ebenfalls nur wenig umgeänderten Cuticularschichten, und c) die unverändert gebliebenen Celluloseschichten. Dadurch, daß man den Cuticularschichten durch Kochen in Salpetersäure und chlorsaurem Kali oder durch Behandlung mit Kalilauge die Stoffe, die ihre Umänderung bewirkt haben, entzieht, kann man die Cellulosereaction wieder herstellen. Von den vollständig cuticularisierten Zellhäuten sind die Zellwände des Korkes wenig verschieden. Stickstoff ist ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil von ihnen, und sie besitzen wenigstens auf einer vorgerückteren Stufe der Ausbildung die gleiche Widerstandsfähigkeit wie jene.

Während die Cuticularisierung resp. Verkorkung die Haut sehr dehnbar, bez. elastisch und für Wasser fast undurchdringbar werden läßt, macht die Verholzung dieselbe hart, wenig dehnbar und für Wasser leicht durchdringbar. Verholzte Zellwände zeichnen sich durch einen höheren Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff aus, als ihn die reine Cellulose besitzt. Dieser Gehalt steigert sich mit der Zeit immer mehr. Ältere Holzschichten sind infolge dessen durchgehends kohlen- und wasserstoffreicher, gleichzeitig aber auch sauerstoffärmer, als jüngere. Mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes wird das Holz sowohl härter als dichter, wenn auch die Zunahme der beiden Eigenschaften mit der Zunahme des Kohlenstoffs nicht immer in gleichem Verhältnisse erfolgt. Sehr oft ist die fortschreitende Verholzung mit einer Farbenänderung der anfangs farblosen Zellhaut verbunden. Als auffälligstes Beispiel nenne ich nur das Holz von Diospyros ebenum, das als Splintholz weiß aussieht und relativ weich und leicht ist, während das Kernholz schwarz gefärbt ist und sich durch große Härte und Schwere auszeichnet; es ist dies das jedermann bekannte Ebenholz.

Außer den erwähnten kommen aber noch weitere Veränderungen der Zellhautsubstanz vor. So treten gar nicht selten auch größere Mengen unverbrennlicher Stoffe, wie Kalksalze, Kieselerde, in die Zellhaut ein, und zwar können sich diese unorganischen Stoffe in Form von Molekülen gleich-

mäßig zwischen die Zellstoffmoleküle ein- oder in Form von mikroskopischen Krystallen in der Zellhaut ablagern. Im ersteren Falle wird nach dem Glühen von Pflanzengeweben die Asche noch die Zellskelette zeigen. Kieselerde enthalten die Epidermiszellen sehr vieler Pflanzen (der Gräser, Schachtelhalme ꝛc.), besonders aber die Diatomeen, deren vorweltliche Formen durch ihre Skelette oft Erdschichten von ziemlich bedeutender Ausdehnung bilden. (Diatomeen-, fälschlich auch Infusorienerde.)

Die Zellhaut hat die Fähigkeit, durch Wasseraufnahme (Imbibition) ihr Volumen zu vergrößern, also zu quellen. Oft erfolgt nun die Quellung der Zellhäute in so hohem Grade, daß eine vollständige Zerstörung derselben eintritt, indem sie sich geradezu verflüssigen. Nicht immer erleiden dabei alle Zellhautschichten eine derartige Quellung, oft sind es bloß die äußeren, oder die mittleren, oder auch nur die inneren. Auf dieser Quellung beruht z. B. die Bildung des Tragantgummis. Die im westlichen Asien heimischen Tragantsträucher, die ihn liefern, haben, wenn sie älter geworden, in ihrem Mark sehr dicke, geschichtete und ungemein quellungsfähige Zellhäute, die während der Regenzeit begierig Wasser aufnehmen und infolgedessen zu einer ziemlich gleichförmigen schleimigen Masse zusammenfließen, welche schließlich Holz und Rinde sprengt und durch die Spalten hervordringt, um außerhalb zu einer hornigen Masse zusammenzutrocknen. Ähnlich ist's mit der Bildung des Harzes (Kirschgummis), das aus der Rinde der Kirschbäume, ebenso der Pflaumen-, Mandel-, Aprikosenbäume hervortritt. Hier quellen gewisse Gewebspartieen der Rinde oder auch des Holzes ebenfalls gallertartig auf, sprengen die überliegenden Gewebsschichten auseinander und fließen tropfenweise hervor. Während dabei die Zellhäute vollständig verschleimen, verschleimt in einem anderen Falle nur die äußerste Schicht. Dann verwischt sich leicht die Grenzlinie zwischen den einzelnen zu einem Gewebe verbundenen Zellen, und es gewinnt den Anschein, als ob die von der inneren, nicht verschleimten Zellhautschicht umschlossenen Zellen in eine gleichförmige Grundsubstanz eingebettet seien. So ist's z. B. in dem Sameneiweiß vom Johannisbrotbaum (**Ceratonia Siliqna**). Auf Quellung der mittleren Zellhautschichten, die noch häufiger eintritt, beruht die Entstehung des Lein- und Quittenschleimes, der die Cuticula zersprengt und die Samen umhüllt. Eine Quellung der innersten Hautschichten zeigen endlich die Pollenkörner. Ja, bei Berührung mit Wasser wird unter dem Drucke der sich ausdehnenden inneren Hautschicht gar nicht selten die ganze Zelle zerrissen. Hieraus ist leicht erklärlich, daß sogenannter Sonnenregen während der Obstbaumblüte, d. h. Regen, der bei Sonnenschein, welcher die Blüte zu vollständiger Öffnung veranlaßt hatte, erfolgt, großen Schaden anzurichten vermag.

3. Das Protoplasma.

Das Protoplasma, dieser lebendige Leib der Zelle, von dem die Zellhaut nur das zufällige Kleid ausmacht, ist eine farblose oder blaßgelblich gefärbte Substanz von der Beschaffenheit eines mehr oder minder dicklichen Schleimes. Es besteht in der Hauptsache aus einem Gemenge von Eiweißstoffen mit Wasser und geringen Quantitäten von Aschebestandteilen. In

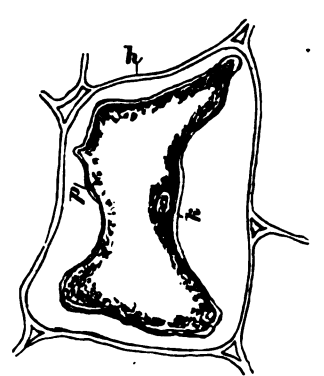
ihm müssen in den meisten Fällen aber auch Kohlehydrate (siehe w. u.) verteilt sein, denn woher sollten sonst die Zellstoffausscheidungen kommen? Von dem Vorhandensein unorganischer Substanzen giebt die Asche Zeugnis, welche nach dem Glühen auf einem Platinbleche stets, wenn auch in geringer Menge, zurückbleibt. Die Beimengungen von Kohlehydraten können in unsichtbarer Form zwischen den Protoplasmamolekülen vorhanden sein, es können aber auch sichtbare körnige Bildungen eingeschlossen werden. In dem Grade, in welchem das Protoplasma Wasser zwischen seine Moleküle aufgenommen hat, in dem Grade ist es in seinen einzelnen Teilen verschiebbar, und erscheint infolgedessen bald als zähe, fast steife, bald wieder als ziemlich flüssige Masse mit allen möglichen Zwischenstufen. Nach außen grenzt es sich gewöhnlich durch eine zarte, körnchenfreie, also ganz gleichmäßige (homogene) Schicht ab, die durchsichtiger, lichtbrechender und vor allem dichter ist, als die innere Substanz, in die sie allmählich übergeht. Diese äußerste Schicht bezeichnete Prof. Pringsheim als Hautschicht, im Gegensatz zu der inneren, der Körnerschicht. Trotzdem das Protoplasma, wie schon erwähnt, die Fähigkeit, Wasser in seine molekularen Zwischenräume aufzunehmen, in hohem Grade besitzt, vermag es doch den im Wasser gelösten Stoffen, z. B. Farbstoffen, einen großen Widerstand entgegenzusetzen. Das Letztere ist freilich nur so lange der Fall, so lange es im unveränderten, lebendigen Zustande sich befindet. Das durch Säuren, Frost und dergleichen desorganisierte Protoplasma nimmt, wie jeder andere nicht lebende poröse Körper, begierig gelöste Stoffe in sich auf. Die Wasseraufnahme des lebenden Protoplasma geht aber nicht ins Ungemessene, sie hat ihre bestimmten Grenzen. Überschreitet sie dieselben, so wird im Innern der Masse die wässerige Flüssigkeit, welche die löslichen Gemengteile derselben in Lösung enthält, in Tropfen ausgeschieden, die als scharfbegrenzte kugelige Blasenräume innerhalb der zähweichen Substanz erscheinen (Figur 1 B). Man nennt dergleichen Vacuolen. Oft bemerkt man nur eine, oft auch mehrere derselben in einer Zelle. Ja, dieselben können so zahlreich werden, daß sie nur durch dünne Protoplasmalamellen voneinander getrennt werden und der Protoplasmainhalt geradezu schaumig erscheint.

Später, wenn die Saftmasse in der Zelle immer mehr zunimmt, wird das Protoplasma ganz an die Innenfläche der Zellhaut zurückgedrängt und bildet dann einen dünnen, oft kaum oder gar nicht mehr wahrnehmbaren Sack, der einer Tapete gleich den ganzen Zellraum auskleidet. Er wird aber nach Anwendung wasserentziehender Mittel sichtbar, indem er sich dann von der Zellhaut ablöst und zurückzieht (Mohls Primordialschlauch) (Figur 12).

In den lebenden Zellen aller Gewächse, mit Ausnahme einer Anzahl Lagerpflanzen, findet sich ein rundlicher Kern, der Zellkern (Nucleus), in die Protoplasmamasse eingebettet, der anfangs ganz homogen erscheint, später aber sehr oft mehrere Körnchen, die sogenannten Kernkörperchen (Nucleoli), einschließt. Von einem nachträglichen Wachstum dieses Zellkerns ist wenig zu merken; er gewinnt bei oder bald nach dem Entstehen seine normale Größe und nimmt daher in der jungen Zelle einen großen, in der älteren Zelle einen verhältnißmäßig kleinen Raum ein. Seine Lage in derselben hängt einzig und allein von der Verteilung des Protoplasma ab, dem er stets eingebettet ist. Füllt dieses die ganze Zelle aus, so findet er sich gewöhnlich in oder nahe dem Mittel-

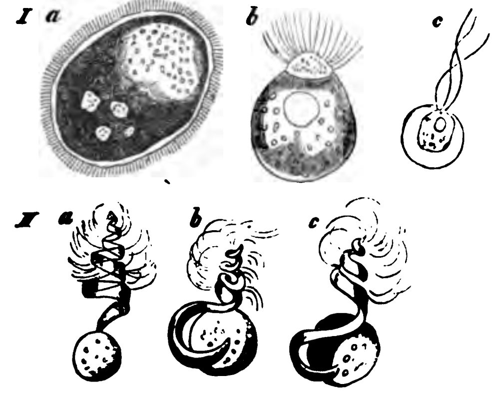
punkte der Zelle; ist es aber ganz an die Wand zurückgedrängt, so ist er wandständig. Bei Vorhandensein mehrerer oder vieler Vacuolen findet er sich meist in der größeren Protoplasmaanhäufung. Er folgt den in dieser Masse vor sich gehenden Veränderungen stets nur passiv. Daß der Zellkern an der Zellbildung sich ganz besonders beteilige, scheint nach den darüber gemachten Beobachtungen fest zu stehen. Prof. Straßburger meint, daß er dabei vorzüglich die molekularen Vorgänge beeinflusse.

Neben dem Zellkern sondern sich aus der Protoplasmamasse oft noch weitere Portionen aus, die eine bestimmte Form und eine grüne Färbung annehmen; es sind dies die später näher zu besprechenden Chlorophyllkörner. Dieselben entstehen nicht bloß aus dem Protoplasma, sondern leben, wie der Zellkern, auch selbständig als Teile desselben fort.



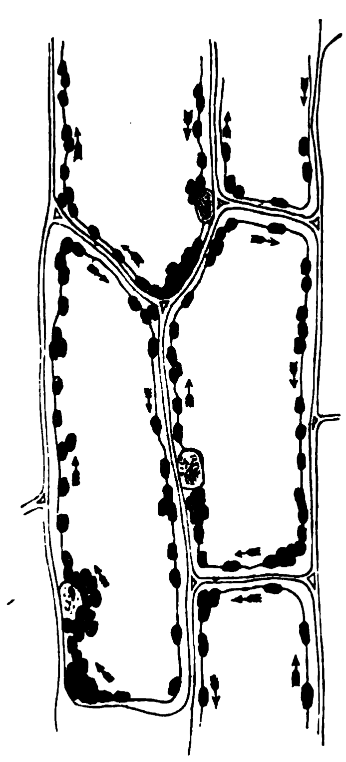
Figur 12. Zelle aus der Kartoffelknolle nach Einwirkung von einer Säure h Zellhaut, p Protoplasma (Mohls Primordialschlauch), k Zellkern.

Das Protoplasma ist ein lebender Körper, und demgemäß findet zwischen seinen Molekülen eine stete Bewegung statt. Die Bewegung, durch welche die Vorgänge bei der Zellbildung und beim Zellwachstum bedingt werden, geht so langsam vor sich, daß sie selbst bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen nicht beobachtet werden kann. Mehr oder weniger unabhängig von dieser bemerkt man aber nicht selten auch ziemlich rasche Strömungen im Protoplasma. Dergleichen finden sich sowohl bei dem nackten, hautlosen, wie bei dem in eine Membran eingeschlossenen. Im ersteren Falle bewirken diese inneren Strömungen auch eine äußere Bewegung, eine Ortsveränderung. Hierher gehört die kriechende oder amöbenartige Bewegung der Plasmodien. Mit diesem Namen bezeichnet man die wachsenden und sich fortpflanzenden Körper der Schleimpilze oder Myxomyceten. Dieselben stellen kleinere oder größere Protoplasmamassen dar, in welchen rasche Strömungen bemerkbar sind, die bald hier, bald da Ausstülpungen hervortreiben, welche nicht bloß eine fortwährende Veränderung im Umriß des Körpers herbeiführen, sondern auch bewirken, daß derselbe sich weiterschieben, resp. vorwärtskriechen kann. Letzteres erfolgt besonders deshalb, weil trotz des öfteren Wechsels der im Inneren auftretenden Stromrichtungen doch das Hinströmen nach einer gewissen Richtung überwiegt. Eine schwimmende



Figur 13. I Verschiedene Schwärmsporen, a von Vaucheria clavata, einzellige Alge, b von Oedogonium gemelliparum und c Ulothrix zonata, Fadenalgen (n. W.); II Spermatozoiden von Equisetum Telmateja, dem Flußschachtelhalm.

Bewegung zeigen die Schwärmsporen vieler Algen und Pilze, ferner die Spermatozoiden der Armleuchtergewächse, Moose und Gefäßkryptogamen (Figur 13 u). Dieselben sind Protoplasmatropfen, welche bestimmten Zellen der Mutterpflanze entschlüpften. Gewöhnlich wird bei ihnen die Ortsveränderung, die zuweilen sehr rasch erfolgt, durch einen oder mehrere schwingende, peitschenschnurförmige Protoplasmafortsätze oder durch einen Ueberzug von dicht aneinanderstehenden Protoplasmawimpern bewirkt. Entgegen der steten Formveränderung der Plasmodien wechseln diese Gebilde ihre Gestalt dabei nicht. Mit der stetig fortschreitenden Bewegung derselben ist immer eine Axendrehung verbunden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß innerhalb der eben bezeichneten Anhänge des Protoplasma äußerst geringe, aber trotzdem kräftige Ortsveränderungen mikroskopisch kleiner Teilchen stattfinden, welche sich schnell ausgleichen, jedoch rhythmisch weiterschreiten und dadurch schraubenlinige Bewegungen eben dieser Anhänge bedingen, die das Fortrücken der Schwärmsporen und Spermatozoiden (Figur 13) im Wasser herbeiführen. Manche von diesen Gebilden drehen beim Fortschreiten nur rechts, andere nur links, noch andere bald rechts, bald links. Treffen sie auf ein Hindernis, so tritt Rückwärtsbewegung ein, die aber selten lange andauert. Die Schnelligkeit der Bewegung hängt von der Temperatur ab: Wärme beschleunigt, Kälte verzögert sie. Das Licht scheint nur die Richtung derselben zu beeinflussen, und zwar indem manche das Licht suchen, andere dasselbe fliehen.



Figur 14. Schnitt durch das Blattgewebe der schraubigen Vallisnerie (Vallisneria spiralis), zeigt die Rotation des Protoplasma. Die Pfeile geben die Richtung der Bewegung an. Vergrößerung 400. (n. W.)

Von den Bewegungen, welche in der mit Haut versehenen Zelle auftreten, unterscheidet man ebenfalls zwei Arten: die Rotation und die Zirkulation. Die erstere (Figur 14) besteht darin, daß ein breiter Strom von Protoplasma den Zellenwänden entlang hinfließt und schließlich in sich zurückläuft. Dabei werden Chlorophyllkörner und Zellkern passiv mit fortgeführt. Corti entdeckte diese Strömung in den großen Zellen der Armleuchtergewächse bereits im vorigen Jahrhundert. Nachdem sie aber wieder vergessen, wurde sie später bei den verschiedensten Pflanzen von neuem aufgefunden (in den Haaren der Narbe des Pistills von Portulaca oleracea, bei Vallisneria spiralis, in den Wurzelhaaren vom Froschbiß (Hydrocharis morsus ranae), beim Pfeilkraut (Sagittaria sagittifolia). Auch auf diese Bewegung wirkt die Temperatur ein. Bei Sauerstoffentziehung hört sie auf. Nach neueren Beobachtungen scheint sie viel häufiger vorzukommen, als man bisher dachte. Ja, vielleicht giebt es keine höhere Pflanze, die sie nicht wenigstens in einigen Zellen zeigt.

Bei der Cirkulation (Figur 15) dagegen verlaufen von einer Stelle aus Protoplasmaströme strahlenförmig nach der Zellwand und kehren von da zu ihrem Ausgangspunkte zurück. Dieselbe findet sich niemals in ganz jungen, gleichmäßig von Protoplasma erfüllten Zellen, sondern nur in solchen, welche außer demselben noch wässerige Flüssigkeit enthalten, die sich immer scharf von dem Protoplasma absetzt. Deutlich sichtbar wird die Bewegung hauptsächlich durch die in die fließende Masse eingebetteten Körnchen. Die Bahn selbst ist in steter Änderung begriffen, bald weiter, bald enger; bald verbindet sie sich durch Brücken mit nebenherlaufenden. In den breiteren Bahnen treten gar nicht selten auch zwei einander entgegengesetzte Richtungen der Bewegung auf. Dieses Fließen des Protoplasma in Strömen von ebenso veränderlicher Form wie Richtung läßt sich sehr schön an den Staubfadenhaaren der als Gartenzierpflanze beliebten Tradescantia virginica, in den Gliederzellen der großen Haare vom Kürbis, der Kartoffel ꝛc. beobachten.



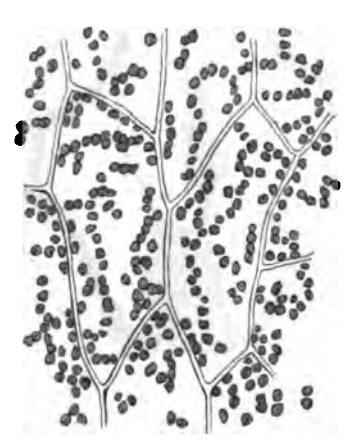
Figur 15. Zelle eines Staubfadenhaares von Tradescantia virginica. Durch Einwirkung von Zuckerlösung ist das Protoplasma an einigen Stellen von der Zellhaut zurückgezogen; dessen ungeachtet dauern aber die Strömungen im Protoplasma fort. (n. H.)

Die Ursache von der betreffenden Strömung liegt jedenfalls darin, daß das Wasser innerhalb des Protoplasma sich nach der Richtung derjenigen Moleküle hinbewegt, deren Fähigkeit, Wasser an sich zu reißen (Wassercapacität), größer wurde. Sind sie gesättigt, so tritt Stillstand ein; oder, falls eine neue Änderung Platz greift, erfolgt die Strömung nach einer anderen Richtung. Die Veränderung selber kann durch äußere Reize (Quetschung, Hitze ꝛc.) und durch innere Ursachen veranlaßt werden.

4. Die Chlorophyllkörner.

Der Farbstoff, welcher die Grünfärbung der verschiedenen Pflanzenteile bedingt, findet sich weder in der Zellhaut, noch in Lösung im Zellsafte, sondern ist an größere oder kleinere Protoplasmaportionen gebunden, die weniger Wasser enthalten, als die protoplasmatische Substanz, in der sie lagern und von der sie sich scharf abgrenzen. Diese scharf umgrenzten grünen Massen nennt man Chlorophyllkörper bez. Chlorophyllkörner. Sie bestehen also a) aus einer dem Protoplasma entstammenden und zugehörigen Grundsubstanz und b) aus dem grünen Farbstoffe. Letzterer ist stets in weit geringerer Menge vorhanden, als erstere; denn nach Ausziehen des Farbstoffes ändert die erstere weder Gestalt, noch Volumen. Nur bei einigen Gewächsen

einer der niedersten Pflanzenklassen, nämlich der Algen, fällt die protoplasmatische Grundsubstanz des Chlorophylls so ziemlich mit dem protoplasmatischen Zellinhalte überhaupt zusammen, d. h. der gesamte Inhalt der Zelle, mit Ausnahme der Hautschicht und der Vacuolenflüssigkeit, ist grün gefärbt. Bei anderen Algen hat der farbige Teil des Protoplasma die Gestalt von Sternen, Platten, Bändern. Während hier das Chlorophyll in der Regel nur einen größeren Körper innerhalb der Zelle bildet, treten bei den höheren Algen, wie bei den höheren Gewächsen überhaupt, fast ausnahmslos in jeder Zelle mehrere Chlorophyllkörper auf, die teils kugelig, teils linsenförmig gestaltet sind (Figur 16). Dieselben entstehen so, daß sich an bestimmten Stellen des protoplasmatischen Zellinhaltes (besonders im Wandbelag, selten mehr nach dem Zellinneren zu) die Substanz verdichtet, bis sie endlich eine scharf umschriebene Masse bildet, die nunmehr ergrünt. Das Ergrünen ist von einer gewissen Lichtstärke abhängig; es unterbleibt bei Lichtmangel und verläuft unvollkommen bei unzureichender Beleuchtung. Doch genügt zum Ergrünen eines Blattes, daß nur ein kleiner Teil desselben längere Zeit vom Lichte getroffen wird. Beginnt das Ergrünen in einem Teile, erfolgt es in den übrigen zugleich mit. Nicht alle Pflanzen verlangen dazu eine gleiche Lichtstärke. Während unsere Hülsenfrüchte z. B. nur bei vollem Tageslichte ergrünen, geschieht dies bei vielen Moosen auch im tiefen Schatten. Nur bei den Keimlingen der Nadelhölzer ist dieser Vorgang auch bei Lichtabschluß beobachtet worden. Ebenso nötig wie das Licht ist hierzu ferner eine bestimmte Temperatur. Wird die erforderliche Höhe derselben nicht erreicht, so bleiben die in Entwickelung befindlichen Pflanzenteile ebenfalls bleich. Letzteres läßt sich in jedem naßkalten Spätsommer an jungen Trieben beobachten.



Figur 16. Reich mit (reihenförmig angeordneten) Chlorophyllkörnern versehene Zellen aus dem Vorkeim des Königsfarn (Osmunda regalis).

Die Chlorophyllkörner wachsen und vermehren sich. Das Wachstum derselben erfolgt aber nicht in gleichem Verhältnisse mit dem der Zelle, weshalb sie im Alter von derselben einen verhältnismäßig kleineren Raum beanspruchen, als in der Jugend. Es erfolgt ferner nicht an allen Stellen gleichmäßig; es ändert sich daher später oft ihre Gestalt, welche insofern in einer gewissen Beziehung zur Zellform zu stehen scheint, als kugelige Zellen kugelige, gestreckte dagegen gestreckte Chlorophyllkörner besitzen. Die Vermehrung erfolgt stets durch Teilung und tritt regelmäßig dann ein, wenn das Chlorophyllkorn nach einer bevorzugten Richtung hin bis über ein bestimmtes Maß hinausgewachsen ist. Zunächst macht sich eine Einschnürung bemerklich, die senkrecht zum längsten Durchmesser immer tiefer eindringt, bis endlich das Korn in zwei ziemlich gleiche Teilkörner zerfällt.

Meist enthält das Chlorophyll geformte Inhaltsmassen. Von vornherein wird das der Fall sein, wenn es sich um den Zellkern herum ballt,

wie bei den Chlorophyllkörnern des zierlichen Lebermooses Anthoceros, das infolgedessen in jeder Zelle nur ein Korn besitzt. In einigen Fällen scheidet es im Innern kleine Massen aus, die dichter als die Hauptmasse des Chlorophylls und tiefer grün gefärbt sind, wie in den Blattzellen vieler Fettpflanzen (Crassula, Sempervivum). Viel häufiger aber sind Stärkemehlkörner im Innern der Chlorophyllkörner verbreitet. Diese finden sich darin zu einem oder mehreren. Oft sind sie im Verhältnis zum Chlorophyllkorn verschwindend klein, oft aber machen sie den größten Teil vom Volumen desselben aus. Am leichtesten macht man sie sichtbar, wenn man den grünen Farbstoff des Chlorophylls durch Alkohol auszieht und dann Jodlösung einwirken läßt, welche die Stärke-Einschlüsse blau färbt. An Stelle des Stärkemehles enthalten manche Chlorophyllkörner glänzende Kügelchen, die sich in absolutem Alkohol lösen, also fettes Oel zu sein scheinen.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Chlorophyllfarbstoffes weiß man noch wenig Sicheres. Nur das scheint festzustehen, daß er neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch winzige Mengen von Stickstoff und Eisen enthält. Lösungen desselben zeigen übrigens eine prächtige Fluorescenz, und zwar fluorescieren sie schön rot. In konzentrierten Mineralsäuren färben sich die Chlorophyllkörner blaugrün bis indigoblau.

Obwohl das Chlorophyll nur im Lichte entsteht, so ist es gegen dasselbe doch auch wieder sehr empfindlich; es wird durch dasselbe wieder zerstört. Die Pflanze besitzt jedoch verschiedene Schutzmittel, die den schädlichen Einfluß zu grellen Lichtes abschwächen. Sehr junge Blätter schützen anfangs nicht selten Haarüberzüge, die später durch die cuticularisierte Oberhaut überflüssig gemacht und deshalb abgeworfen werden. In der Knospenlage gereicht die Einrollung bez. Faltung zum Schutze, in anderen Fällen Nebenblätter und Blattscheiden*). Das Stengelgewebe schützen Kork- und Borkenbildungen. Bei der falschen Akazie (Robinia Pseud-Acacia) sind die Fiederblättchen zur Mittagszeit, also zur Zeit der größten Lichtstärke, mit ihren Oberseiten nach oben aneinander gelegt, so daß sie vom Lichte nur unter sehr kleinem Winkel getroffen werden. Im Dunkeln wird das Chlorophyll ebenfalls zerstört, und zwar geschieht dies durch organische Säuren, die sich in vielen Pflanzen bei Luftabschluß reichlich bilden. Auch Gerbstoffe, organischsaure Salze, ätherische Öle vermögen eine Zersetzung desselben herbeizuführen.

Normal tritt diese Zersetzung im Herbste vor dem Blätterfalle ein. Häufig geht dieselbe mit einer Farbenänderung in gelb und rot Hand in Hand, welche daher rührt, daß schließlich neben anderen Rückständen gelbe glänzende Körnchen in den Blattzellen übrigbleiben, oder daß neben diesen auch ein gelöster Farbstoff auftritt. Die in den Chlorophyllkörnern eingeschlossen gewesenen Stärkekörnchen sind dann stets verschwunden.

Auch an immergrünen Blättern treten im Winter Farbenänderungen ein, die ihnen einen Stich ins Bräunliche oder Rötliche verleihen. Die Ursache davon scheinen niedere Temperatur und geringe Lichtstärke zu sein.

In gewissen Pflanzen wird der grüne Farbstoff verdeckt. Bei den Meeresalgen geschieht dies durch einen roten, blauen oder gelben Saft, der in den Chlorophyll führenden Zellen neben diesem vorhanden ist. Bei der

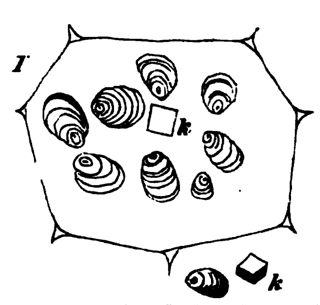
*) Verschiedene dieser Schutzvorrichtungen sind zugleich auch gegen niedere Temperaturen gerichtet.

Gartenmelde dagegen liegt über dem grünen Gewebe eine mit rotem Safte erfüllte Epidermis. In reifen Früchten beruht die Gelb- bez. Rotfärbung, ähnlich der Gelb- und Rotfärbung des herbstlichen Laubes, auf einem Zerfallen der Chlorophyllkörner.

Sehr ähnlich den Chlorophyllkörnern sind die Träger des gelben Farbstoffes, denen die Blüten von Kürbis, Gurke und anderen Pflanzen ihre Färbung verdanken. Größere Verschiedenheit zeigen schon die blauen, violetten, braunen Farbkörperchen, obschon auch sie eine ähnliche protoplasmatische Grundlage wie die Chlorophyllkörper besitzen, da ihre Grundlage von einem in Wasser löslichen Farbstoffe durchdrungen wird.

5. Die Kristalloide.

In manchen Fällen nehmen gewisse Bestandteile des Protoplasma auch die Gestalt von Kristallen an. Sie treten dann, je nach der Pflanze, in welcher sie vorkommen, als Würfel, Oktaëder, Tetraëder, Rhomboëder oder auch in anderen noch nicht genauer bestimmten Formen auf.



Figur 171. Würfelförmige Kristalloide (k) aus der Rindenschicht der Kartoffelknolle.

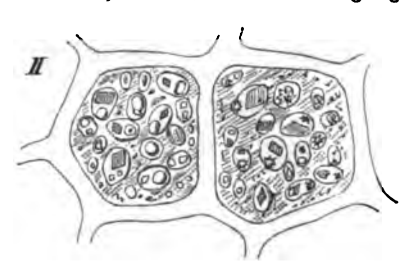
Prof. Nägeli hat für sie den Namen Kristalloide vorgeschlagen (Figur 171). Von den echten Kristallen sind sie besonders durch ihre Quellbarkeit zu unterscheiden. So ändern z. B. trockene Kristalloide der Paranuß infolge der Quellung ihre Winkel im Wasser um 2—3°, in Kalilauge jedoch um 14—16°. Nach den bisherigen Untersuchungen scheinen die Kristalloide aus einem Gemenge von zweierlei Stoffen zu bestehen, von denen der eine durch verdünnte Säuren (auch verdünntes Glycerin) ausgezogen werden kann, worauf der andere dann als Skelett mit festerer Haut zurückbleibt. Obschon sie in den meisten Fällen farblos erscheinen, können sie doch auch zu Trägern verschiedener Farbstoffe werden. Letzteres lassen z. B. die Blumenblätter von unserem Stiefmütterchen (Viola tricolor) beobachten. Sehr selten findet man sie in lebhaft wachsenden Pflanzenteilen, häufiger dagegen begegnet man ihnen in solchen, welche Reservestoffe aufspeichern, also in Knollen, fetthaltigen Samen. Aufgefunden wurden Kristalloide, außer in den schon erwähnten Fällen, in den Knollen mancher Kartoffelsorten (und zwar in den stärkeärmeren Parenchymzellen unter der Schale), in den Zellen des Sameneiweiß vom gemeinen Wunderbaum (Ricinus communis), in den Geweben der Schuppenwurz (Lathraea squamaria), in verschiedenen roten Meeresalgen 2c.

6. Die Proteïnkörner.

Dem Protoplasma sehr ähnlich zusammengesetzt sind auch die Proteinkörner, welche in allen Samen, die man bis jetzt genauer untersuchte, gefunden wurden. Prof. Hartig, der zuerst auf dieselben aufmerksam machte,

nannte sie Klebermehl oder Aleuron. In den Samenzellen erscheinen sie bald als kleinere, bald als größere Körnchen von rundlicher, ellipsoidischer, eiförmiger oder auch eckiger Gestalt, entweder gleichzeitig mit den später zu besprechenden Stärkekörnern, oder auch ohne dieselben. Von diesen letzteren sind sie sehr oft ohne weiteres gar nicht zu unterscheiden; doch lassen sie sich bei Zusatz von Jodlösung leicht erkennbar machen, da sie durch dieselbe gelb, jene aber blau gefärbt werden. Im polarisierten Lichte erweisen sie sich nicht doppeltbrechend, während jene das bekannte schwarze Kreuz zeigen. Die meisten Proteinkörner sind farblos, nur wenige gefärbt (die Toncabohne hat gelblich bis braunrote, die Pistaziennuß grünliche). Ihre Größe ist sehr verschieden; gering ist dieselbe fast stets in den vorzugsweise Stärkemehl führendeu Samen.

Die Proteinkörner liegen innerhalb der Zelle in eine Grundmasse eingebettet, welche stets eiweißartige Stoffe enthält, die aber in fettreichen Samen gegen das Öl ganz bedeutend zurücktreten. Ihre eigene Masse wird vorwiegend von Eiweißsubstanzen gebildet. Diese können aber verschiedenartige Einschlüsse enthalten, nämlich kristallinische (Kristalle) und kugelige (Globoide) (Figur 17 II). Nicht immer bleiben die Eiweißsubstanzen im Proteinkorn ohne eine bestimmte Gestalt, also amorph; vielmehr wird der größere Teil von ihnen gewöhnlich in Form eines Kristalloids ausgeschieden, das dann nur spärlich von amorpher Substanz umhüllt ist. Die kristallinischen Einschlüsse bestehen einfach aus oxalsaurem Kalke, während die kugeligen eine Verbindung von Magnesia und Kalk mit einer gepaarten Phosphorsäure darstellen. Erstere kommen wieder als Drusen, als deutlich kenntliche Kristalle und als Nadeln vor, treten aber nicht zu häufig auf, während die Globoide keinem Proteinkorne fehlen. Letztere finden sich einzeln oder zu mehreren zugleich und sind dem entsprechend bald größer, bald kleiner; ja sie sinken, wenn sie in einem Korne in ungeheurer Zahl auftreten, nicht selten zu unmeßbarer Kleinheit herab.

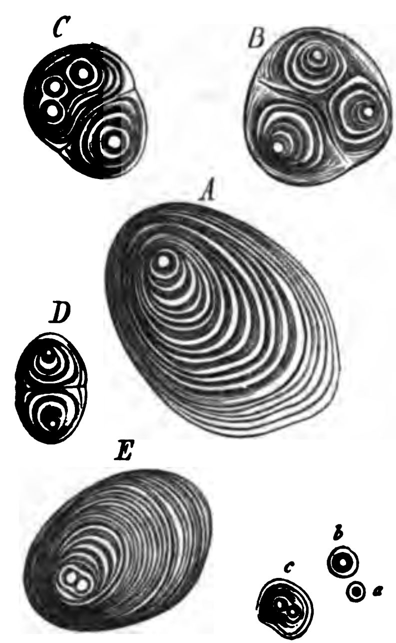


Figur 17 II. Proteinkörner, Kristalloide und Globoide einschließend; zwei Zellen aus dem Sameneiweiß der Hundspetersilie (Aethusa cynapium). (Vergr. 500.) (n. Pf.)

Die eben besprochenen Proteinkörner sind vorzugsweise Reservestoffe, welche die Pflanze in dem Samen aufstapelt zur Ernährung des darin befindlichen Keimes, sobald derselbe durch Feuchtigkeit und Wärme wachgerufen, also zur Weiterentwickelung veranlaßt wird. Sie bilden sich stets erst im letzten Reifezustande der Frucht, wenn der Nabelstrang, der den Samen mit dem Samenträger verbindet, bereits abzusterben beginnt. Es geht bei dieser Gelegenheit ein Teil oder auch die ganze Masse der vorhandenen Stärke in Öl über, das mit dem protoplasmatischen Zellinhalte ein milchigtrübes Gemisch (Emulsion) bildet, in dem zuerst die Kristalloide und Globoide entstehen. Wenn diese ihre schließliche Größe erreicht haben, lagert sich eine eiweißartige Masse um sie herum ab, die sich immer mehr verdichtet, bis sie sich endlich scharf vom übrigen Zellinhalte abhebt. Beim Keimen lösen sich die Proteinkörper zunächst wieder in ein emulsionsartiges Gemenge auf.

7. Das Stärkemehl.

Die geformten Inhaltskörper der Zelle, welche wir bisher betrachteten, waren sämtlich stickstoffhaltig und in ihrer Zusammensetzung dem Protoplasma ähnlich; sie gehörten der Protoplasmareihe an. Außer diesen giebts aber in der Zelle noch andere, die in ihrer Zusammensetzung der die Zellhaut bildenden Cellulose gleichen. Man nennt sie gewöhnlich Kohlehydrate, weil sie neben einer bestimmten Menge von Kohlenstoff Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnisse enthalten, in welchem diese Elemente sich zum Wasser vereinigen. Das wichtigste von den Kohlehydraten ist ohne Zweifel das Stärkemehl (Amylum), das in noch weit höherem Maße wie die Proteinkörner in den Zellen aufgespeichert wird, um für späteren Gebrauch verwendet zu werden. Reich an Stärkemehl sind vor allem die Kartoffelknollen, ferner die Samen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte, das Mark verschiedener Palmen, u. dergl. Durch Auswaschen läßt es sich sehr leicht aus den betreffenden Pflanzenteilen gewinnen und stellt sich dem bloßen Auge dann als ein weißes Mehl dar, das als Stärke bez. Stärkemehl jedermann bekannt ist. Es tritt nur in organisierter Form auf. Zuerst erscheint es im Protoplasma in punktförmigen Massen, die fortwachsen, bis sie endlich zu soliden Körnern werden, welche einen konzentrisch geschichteten Bau zeigen (Figur 18, A und E). Das Wachstum derselben währt so lange, so lange sie sich im Protoplasma befinden; es hört auf, sobald dies nicht mehr der Fall ist.



Figur 18. Stärkekörner aus einer Kartoffelknolle. A ein älteres einfaches Korn, B ein halb zusammengesetztes Korn, C D ganz zusammengesetzte Körner; E ein älteres Korn, dessen Kern sich geteilt hat; a ein sehr junges Korn, b ein älteres, c ein noch älteres mit geteiltem Kern. (Vergr. 800.) (n. S.)

Jedes Stärkekorn enthält neben der eigentlichen Stärkesubstanz Wasser und Aschebestandteile (Mineralstoffe). Die Stärkesubstanz besteht aus zwei ganz gleich zusammengesetzten chemischen Verbindungen, die sich gegenseitig so innig durchdringen, daß sie beide zugleich im kleinsten Teile des Stärkekorns vorhanden sind. Trotzdem lassen sie sich aber leicht voneinander trennen. Die eine dieser Verbindungen, Granulose genannt, löst sich bei 45—55° C. schon durch Speichel und färbt sich durch Jod schön blau, während die zurückbleibende, die in Kupferoxyd-Ammoniak löslich ist, durch Jod nur gelb gefärbt wird. Da die letztere im übrigen alle Eigenschaften der Cellulose zeigt, hat man sie Stärke-Cellulose genannt. Sie ist stets in geringerer Menge vorhanden, als die erstere, woher es ja auch

kommt, daß Stärkekörner durch Jodlösung total blau gefärbt werden. Aus gleicher Ursache erfolgt die Blaufärbung stets um so reiner, je größer der Gehalt des Stärkekorns an Granulose ist.

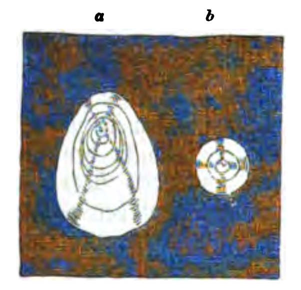
Kurz nach ihrem Entstehen zeigen die Stärkekörner stets die Kugelform. Manche behalten diese Form auch bei fernerem Wachstume, andere verlieren dieselbe aber bei der später eintretenden Ungleichmäßigkeit desselben. Es enstehen dann eiförmige, linsenförmige, abgerundet vieleckige Formen. Hat das Stärkekorn eine bestimmte Größe erreicht, läßt es stets mehr oder weniger deutlich eine Schichtung erkennen. Es beruht dieselbe aber nicht etwa darauf, daß sich beim Wachstume des Kornes um einen Kern neue Stärkeschichten ablagern, denn dieses erfolgt wie das der Zellwand, des Protoplasma und jedes anderen organisierten Gebildes durch Intussusception (s. S. 8). Vielmehr hat die Schichtung einzig und allein ihren Grund in der ungleichen Wasserverteilung. Auf die äußerste, wasserarme Schicht folgt scharf abgegrenzt eine wasserreichere, darauf wieder eine wasserärmere u. s. f., bis endlich die innerste wasserärmere, folglich auch dichtere Schicht den sehr wasserreichen Kern umgiebt. Die einzelnen Schichten umlagern stets den Kern als Mittelpunkt. Trotzdem ist aber nicht jede Schicht um den ganzen Kern herum ausgebildet. Die meisten derselben finden sich in der Richtung des stärksten Wachstums.

In dem anfangs ganz gleichartig (homogen) erscheinenden Stärkemehlkorn entsteht die Schichtung auf die Weise, daß sich im Mittelpunkte der anfangs gleichmäßig wasserarmen Substanz ein wasserreicherer Kern bildet. Bei weiterem Wachstume sammelt sich in der Mittelfläche der äußeren, dichteren Schicht wiederum wasserreichere Masse an, so daß sie in zwei dichtere Blätter zerfällt, die durch ein dazwischen liegendes wasserreicheres getrennt werden. Das innere dichtere umhüllt natürlich den wasserreicheren Kern. Sämtliche neu entstandenen Schichten wachsen nun durch Einlagerung neuer Moleküle weiter. Hat irgend eine derselben eine bestimmte Dicke erreicht, so tritt abermals eine Spaltung in drei Blätter ein. Die Folge davon ist, daß stets wasserreichere mit wasserärmeren Schichten abwechseln, und daß die äußerste immer eine wasserreichere, dichtere und festere, die innerste, der Kern, aber eine wasserärmere, weichere bleibt.

Gar nicht selten kommt es auch vor, daß Stärkemehlkörner in ihrem Innern zwei oder mehrere Schichtensysteme zeigen, die dann wieder von gemeinschaftlichen Schichten umschlossen werden. Man nennt dergleichen halbzusammengesetzte (Figur 18, B). Sie entstehen dadurch, daß sich in einem einfachen Korne zunächst zwei Kerne bilden, deren jeder sich wie ein einfaches Korn verhält und sich in verschiedene Blätter spaltet. Dieser Vorgang kann nun mehrere, ja viele Male eintreten. Infolge des Wachstums der einzelnen Teilkörner tritt stets eine Spannung in den gemeinsamen Schichten ein, die zur Bildung von Spalten führt. Verlängern sich diese bis nach außen, so entstehen ganzzusammengesetzte Stärkemehlkörner (Figur 18, D), die in der Regel aus 2—10 oder auch mehr Bruchkörnern bestehen und im letzteren Falle die Maulbeerform zeigen. Sie finden sich vor allem im Parenchym schnell wachsender Pflanzen. Nicht verwechseln darf man sie mit den zusammengewachsenen, die dann entstehen, wenn viele kleinere Körner bei fortgesetztem Wachstum sich endlich berühren und

miteinander verkleben. Die vorhin besprochene Schichtung muß in den Stärkekörnern natürlich verschwinden, sobald ihnen Wasser entzogen wird. Ein Gleiches geschieht auch, wenn die Stärkemasse durch chemische Mittel befähigt wird, sehr große Wassermengen aufzunehmen; die dichteren Schichten werden dann den wasserreicheren vollständig ähnlich und sind deshalb nicht mehr von ihnen zu unterscheiden.

Im Mikroskope erscheinen alle Stärkekörner stark glänzend; im jugendlichen Zustande sind sie isotrop*), sie werden aber bald doppeltbrechend und zeigen dann im Polarisations-Mikroskope ein schwarzes Kreuz, dessen Kreuzungspunkt stets mit dem Kerne zusammen fällt, so daß man die Lage desselben selbst dann erschließen kann, wenn sich eine Schichtung nicht sichtbar machen läßt (Figur 19).



Figur 19. Zwei Stärkemehlkörner im polarisierten Lichte: a von der Kartoffel, b vom Weizen.

Im Pflanzenreiche ist das Stärkemehl ohne Zweifel der verbreitetste Stoff. Jeder beliebige Pflanzenteil enthält dasselbe oder enthielt es wenigstens zu einer Zeit einmal. Immer tritt es als Reservestoff auf, also als ein solcher Stoff, den die Pflanze im voraus erzeugt, um ihn später an dem gleichen oder an einem anderen Orte zu Neubildungen zu verwenden. Das Stärkemehl, das in den Hyazinthenzwiebeln aufgespeichert ist, reicht aus zur vollständigen Ausbildung der Blätter und des reichblütigen Schaftes. Man bringt ja infolgedessen die Hyazinthen auf bloßen mit Wasser gefüllten Gläsern zur schönsten Entwickelung und vollkommensten Blütenbildung. Die Stärke, die sich in den Samenlappen der Bohne findet, vermag die junge Keimpflanze so lange zu ernähren, bis sie im Boden festen Fuß gefaßt hat und dessen Bestandteile sich zu nutze zu machen vermag. Das in dem Holze des Stammes und der Äste abgelagerte Stärkemehl kann bei Lösung desselben dem Baume (wenn er in ein Wassergefäß gebracht und in ein warmes Zimmer gestellt wird) mitten im Winter Anlaß zur Entfaltung der Knospen geben, aus denen sich dann, wie im Frühlinge in der freien Natur, Blätter und Blüten entwickeln.

Vollständig ermangeln des Stärkemehls nur die Pilze und einige Algenfamilien, wie Kieselstäbchen, Nostochineen u. a.

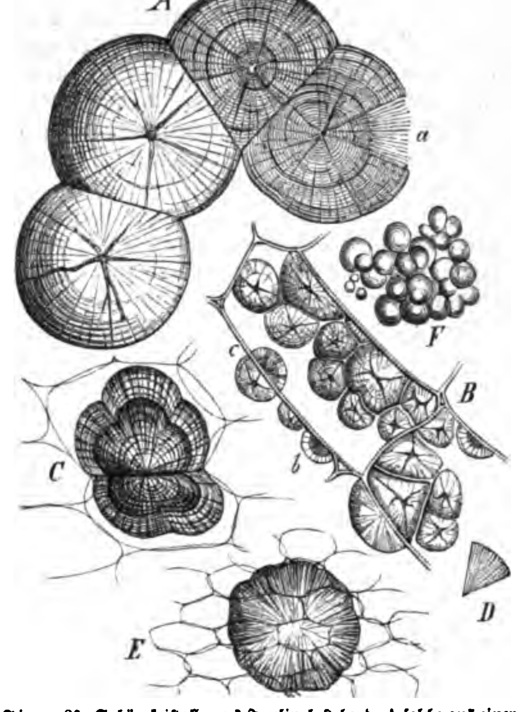
8. Der Zellsaft.

Wie oben erwähnt, nimmt das Protoplasma, das anfangs die Zelle allein erfüllt, zwischen seine Molekülen stets mehr oder weniger Wasser auf. Diese Wasseraufnahme geht aber nur bis zu einem gewissen Grade vor sich. Wird das Maß überschritten, scheidet sich das Wasser in Tropfen aus, die später zusammenfließen und den inneren Zellraum endlich so weit ausfüllen, daß die Innenwand der Zelle nur von einer dünnen protoplasmatischen Hautschicht

*) D. h. sie lenken alle durchgehenden Lichtstrahlen nach ein und derselben Richtung ab, sind also einfachbrechend.

bekleidet wird. Diese den inneren Zellraum erfüllende Flüssigkeit ist es nun, welche man gewöhnlich als **Zellsaft** bezeichnet. Im weiteren Sinne versteht man freilich auch noch die wässerige Flüssigkeit darunter, die die sämtlichen organisierten Gebilde der Zelle durchtränkt. Daß die Flüssigkeit, welche in den festen Körpern der Zelle enthalten, ebenso wie die, welche in Tropfen ausgeschieden ist, nicht aus reinem Wasser bestehen wird, ist leicht denkbar. In ihr werden auf jeden Fall die verschiedensten Stoffe gelöst sein.

Zu den Stoffen, die gelöst darin auftreten, gehören vor allem die **Zuckerarten**: der **Rohrzucker** und die **Glykose**, die sich beide chemisch sehr leicht dadurch voneinander unterscheiden lassen, daß der erstere eine alkalische Kupferoxydlösung nicht reduciert, während dies durch die letztere geschieht. Der Rohrzucker scheint, ähnlich wie die Stärke, die Rolle eines Reservestoffs zu spielen. Er findet sich in den Halmen vieler Gräser (Zuckerrohr, Quecke), in dem Stammgewebe des Zuckerahorns, verschiedener Palmen ꝛc. und in den fleischigen Wurzeln mancher krautartigen Pflanzen (Runkelrübe, Mohrrübe ꝛc.). Viel allgemeiner verbreitet als Rohrzucker ist die Glykose, womit hier ganz allgemein alle diejenigen Zuckerarten bezeichnet werden sollen, die eine alkalische Kupferoxydlösung reducieren. Von ihnen scheint am häufigsten der Traubenzucker (Dextrose) und der Fruchtzucker (Levulose) aufzutreten. Ihnen fällt ganz besonders die wichtige Rolle zu, den Transport der stickstoff-freien Reservestoffe im Pflanzenkörper zu vermitteln. Stärke, Rohrzucker ꝛc. gehen deshalb vor ihrer Verwendung in der Regel in Glykose über.



Figur 20. Sphärokristalle aus Inulin bestehend. A solche aus einer wässrigen Lösung nach 2½ Monaten abgesetzt, bei a beginnende Einwirkung von Salpetersäure; B Zellen aus der Wurzelknolle der Georgine (Dahlia variabilis), nachdem der Schnitt 24 Stunden in Alkohol gelegen und dann in Wasser getaucht worden war; C zwei Zellen mit halben Sphärokristallen, die ihr gemeinsames Zentrum in der Mitte der trennenden Zellwand haben, aus einem Stengelgliede der knolligen Sonnenrose (Helianthus tuberosus), das längere Zeit in Alkohol gelegen hat; D Bruchstück eines Sphärokristalls, E großer, viele Zellen umfassender Sphärokristall aus der Knolle von Helianthus tuberosus; F Inulin nach Verdunstung des Wassers, ebenso aus der Knolle von H. tuberosus. (550malige Vergrößerung) (n. S.)

Die Verbreitung des **Dextrin** ist noch nicht sicher bekannt. Sehr wahrscheinlich findet sichs aber in einzelnen Pflanzen bez. Pflanzenteilen

größerer Menge, so z. B. in den Schleimzellen der unterirdischen Teile der Eibisch (Althaea officinalis) u. s. w.

Weiter enthält der Zellsaft zuweilen auch Inulin. Es ist das ein der Stärke nahverwandter Stoff, der gleich dieser als Reservestoff auftritt. Vor allem findet er sich als solcher bei den Korbblütlern, Glockenblütlern rc. In Menge enthalten es stets die reifen Wurzelknollen der Georgine (Dahlia variabilis), des wahren Alant (Inula Helenium), des Topinambur (Helianthus tuberosus). In dem Safte, den man durch Auspressen oder Auskochen solcher Knollen gewinnt, fällt es nach einiger Zeit in Form eines weißen, feinkörnigen Niederschlags zu Boden; in feinen Schnitten durch inulinhaltige Gewebe läßt es sich durch Einlegen derselben in Alkohol zum Auskristallisieren bringen, und zwar kristallisiert es dann, wie überhaupt aus Lösungen, in Form sogenannter Sphärokristalle (Figur 20), d. h. kugeliger Gebilde, die aus dicht gedrängten, strahlig angeordneten Nadeln bestehen und neben der radialen Streifung gewöhnlich auch noch eine konzentrische Schichtung zeigen. Diese Kristalle lassen sich schon in den Zellen hervorrufen. Gewöhnlich entstehen kleinere sofort, wenn man dünne Schnitte inulinhaltigen Pflanzengewebes in Alkohol taucht. Sehr groß und schön werden sie aber, wenn man größere Stücken solchen Gewebes längere Zeit in Alkohol oder Glycerin liegen läßt. Niemals zeigen sie Quellung; in kaltem Wasser lösen sie sich langsam, in warmem schnell. Die Sphärokrystalle sind, wie die Stärkekörner, doppeltbrechend und zeigen im polarisierten Lichte ein rechtwinkliges, schwarzes Kreuz.

Sehr häufig beobachtet man ferner im Zellsafte schwimmende, farblose oder auch schwach gefärbte, außerordentlich stark lichtbrechende Tröpfchen. Es sind dies entweder fette oder ätherische Öle. Von fetten Ölen finden sich Spuren wohl in allen Pflanzengeweben; in gewissen treten sie aber in außerordentlicher Menge auf, z. B. in den Samen vieler Kreuzblütler (Raps, Rübsen, Senf), vieler Steinfrüchtler, der Wallnußgewächse, ferner im Fruchtfleisch der Oliven rc. Ohne Zweifel gehören sie ebenfalls mit zu den Reservestoffen, die bei Neubildungen später ihre Verwendung finden. Sie bestehen aus denselben Elementen wie Stärke, Inulin, Zucker rc., sind aber sauerstoffärmer. In den Samen sind sie oft mit Eiweiß- und anderen Verbindungen gemischt und nicht flüssig, sondern fest. Die ätherischen Öle, welche ebenfalls eine große Verbreitung im Pflanzenreiche haben, sind die Ursache von den Wohlgerüchen, die wir den Blüten, Früchten rc. der Pflanzen verdanken. Sie haben das Bestreben, sich in der Luft fein zu verteilen, also zu verflüchtigen, wobei ihnen die Zellwände wenig Widerstand entgegensetzen. Ein Tropfen von ihnen, auf Papier gebracht, macht wohl einen Fettfleck, derselbe ist aber nicht bleibend, sondern verschwindet nach einiger Zeit wieder, während dies bei einem Tropfen fetten Öles nicht der Fall ist. In chemischer Beziehung sind diese Öle sehr verschieden zusammengesetzt. Manche von ihnen, wie die der Nadelhölzer, Orangen- und Myrtengewächse, sind Gemenge von Kohlenwasserstoffen (bestehen also aus C und H), andere wieder werden aus Kohlenwasserstoffen und sauerstoffhaltigen Körpern gebildet (also aus C H O), wie z. B. die der Doldengewächse, Korbblütler. In einzelnen Fällen finden sich flüchtige Öle in allen Teilen der betreffenden Pflanze, so bei den verschiedenen Arten von Laurus, Citrus; in anderen sind sie nur oder doch vorzugsweise auf gewisse Organe beschränkt: auf die Blüte bei der

Rose, Nelke, Hyazinthe; auf den Samen bei Anis, Kümmel; auf die Blätter bei Minze, Melisse, Rosmarin. Die verschiedene Verteilung innerhalb einer und derselben Pflanze bedingt noch manche Eigentümlichkeit. So riechen die Blüten von einigen Datura-, Nicotiana-, Brugmansia-Arten recht angenehm, während die übrigen Pflanzenteile geradezu stinken. Oft tritt der Geruch ganz plötzlich, gleich mit dem Öffnen der Blüte ein. Manche Blüten riechen erst bei Sonnenuntergang, und zwar thun dies alle mit sogenannten Trauerfarben*). Wie verschieden sich die Geruchsentwickelung bez. der Zeit sogar bei Arten einer und derselben Gattung gestalten kann, zeigt Cestrum (von dem Volke seines Geruchs wegen gewöhnlich Kalbsbraten genannt), von dem die eine Art, C. diurnum, am Tage stärker riecht, während die andere, C. nocturnum, ihren Geruch erst zur Nachtzeit entwickelt. Manche Pflanzen riechen nur so lange, so lange die betreffenden Zellen, in denen die ätherischen Öle auftreten, Saft enthalten, andere wieder erst dann, wenn derselbe verschwunden, die Pflanzenteile also dürr und trocken geworden sind (Ruchgras, Waldmeister), noch andere in beiden Fällen. Es hängt dies alles von oft ganz geringfügigen Umständen ab, durch welche eben ein leichteres oder schwereres Durchdringen der Zellhaut, eine größere oder geringere Fähigkeit des Zellsaftes, die Öle festzuhalten, bedingt wird. Daß auch Boden und Klima Einfluß auf die Bildung der ätherischen Öle haben, ist unbestritten. Es giebt Pflanzen, die in einer nördlichen Gegend ätherische Öle bilden und infolge dessen Geruch haben, während es bei denselben in einer südlichen Gegend nicht der Fall ist, und umgekehrt. Der gemeine Andorn (Marrubium vulgare) riecht beispielsweise bei uns sehr stark, ist dagegen in Portugal geruchlos. Für die Lebensverrichtungen der Pflanze scheinen die ätherischen Öle keine weitere Bedeutung zu haben; sie sind wohl nur als Ausscheidungsprodukte anzusehen.

Viele Pflanzenzellen enthalten auch Gerbstoffe, besonders die der Rinde und des jungen Holzes zahlreicher Bäume. Sehr leicht verrät sie der zusammenziehende Geschmack, welcher sich geltend macht, wenn man derartige Pflanzenteile nur leicht im Munde kaut. Sie kommen entweder im Zellsafte gelöst vor, oder bilden darin helle, ölartige, kugelige Massen, die als von einer zarten Haut umschlossene Tropfen erscheinen. Ersteres ist in jugendlichen Geweben, letzteres in gerbstoffhaltigen Rinden der Fall. Mikroskopisch lassen sich die Gerbstoffe am leichtesten durch Eisenoxydsalze nachweisen, die in den Zellen, welche sie enthalten, einen blauschwarzen oder grünlichen Niederschlag hervorrufen. (Man bringt eben einen feinen Schnitt durch gerbstoffhaltiges Gewebe in eine Lösung dieses Salzes.) Reichlich gerbstoffhaltig sind außer der Rinde und dem jungen Holze von der Sommer-, Winter- und Zerreiche, die 16—20% Gerbstoff enthalten, die Blätter und Blüten vom chinesischen Theestrauch (Thea chinensis), von der Heidel- und Preißelbeere (Vaccinium Myrtillus und V. Vitis Idaea), dem Sumpfporst (Ledum palustre), ferner die grünen Schalen der Wallnuß (Iuglans regia), der Wurzelstock vom männlichen Schildfarn (Aspidium filix mas) u. s. w. In einem eigentümlichen Verhältnisse steht der Gerbstoff zu den pflanzlichen Farbstoffen; er geht denselben immer voraus und verschwindet in dem Maße,

*) Düstere Farben, die den betreffenden Insekten, die sie befruchten, nicht in die Augen stechen.

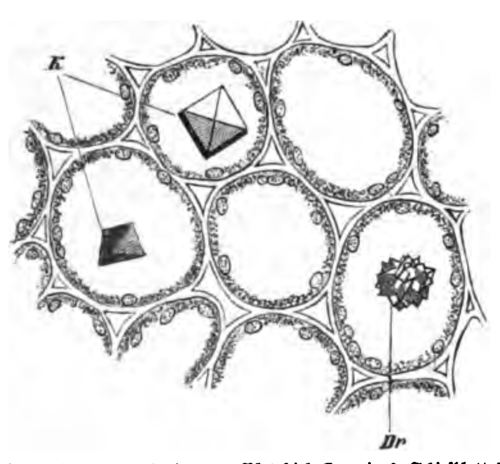
als sich jene entwickeln. Der chemischen Reaktion nach kommen zwei verschiedene Arten von Gerbstoff in den pflanzlichen Zellen vor: eisengrünende und eisenbläuende (je nachdem durch sie infolge der Zusetzung einer Eisenoxydsalzlösung ein blauschwarzer oder grünlicher Niederschlag in den Zellen entsteht).

Außer den vorerwähnten Stoffen enthalten gewisse Pflanzen in ihren Zellen noch die verschiedenartigsten Verbindungen. So kommt in den Wurzeln von **Saponaria officinalis**, **Gypsophila Struthium**, in den Fruchtkapseln von **Aesculus Hippocastanum**, in den Samen von **Laurus Persea** das Saponin vor, eine Verbindung von fetten Ölen mit Alkalien, die sich dadurch auszeichnet, daß sie im Wasser unter Schaumbildung löslich ist. Einige der betreffenden Pflanzenteile werden infolgedessen zum Waschen von Geweben verwendet. Weiter nenne ich die organischen Säuren, die sich entweder frei oder, mit Basen zu Salzen verbunden, im Zellsafte gelöst vorfinden. Dahin gehören Wein=, Zitronen=, Oxal=, Essig=, Apfel=, Ameisen=, Zimmt=, Benzoë=, Cumarinsäure und viele dergleichen mehr. Ferner: die Alkaloide, die wirksamen Bestandteile äußerst wichtiger Genuß= und Heilmittel (Coffein, Chinin, Morphin, Cinchonin ꝛc.).

9. Die Kristalle.

Endlich will ich nun noch als Zelleinschlüsse die Kristalle, bez. die kristallinischen Bildungen erwähnen, die aber durchaus nicht mit den vorhin besprochenen Kristalloiden verwechselt werden dürfen.

Sie kommen in den Pflanzenzellen sehr häufig vor, und zwar entweder als größere, wohlausgebildete Einzelformen, oder als Anhäufungen von mangelhaft ausgebildeten Kristallgestalten, als sogenannte Kristalldrusen (Nadelbündel), oder endlich als feinkörnige Einlagerungen, die nur durch ihr Verhalten zum polarisierten Lichte ihre kristallinische Natur erkennen lassen. In der zuletzt angegebenen Art und Weise tritt nur allein der kohlensaure Kalk auf, z. B. in den Plasmodien mancher Schleimpilze, den oben erwähnten Cystolithen (siehe Seite 11) ꝛc. Alle anderen Krystalle, die man bisher in der Pflanze aufgefunden und genauer bestimmt hat, werden von oxalsaurem Kalke gebildet. Derselbe läßt sich leicht daran erkennen, daß er sich in Essigsäure gar nicht, in Salzsäure dagegen ohne Blasenbildung löst. Häufig kommt derselbe bei Flechten und Pilzen vor, erscheint hier aber gewöhnlich den Zellwänden nur außen aufgelagert. Bei



Figur 21. Kristalle in den Blattstielzellen eines Schiefblattes (Begonia). K einzelne Kristalle, Dr Kristalldruse.

den Monokotylen findet er sich meist in Form feiner, parallel nebeneinander liegender, zu Bündeln vereinigter Nadeln, sogenannter Raphiden. Besonders ist dies der Fall bei den lilien- und kolbenblütigen Gewächsen (Liliaceen, Aroideen). Sehr reich daran ist z. B. das wohlschmeckende Fruchtfleisch, welches bei der bekannten Zimmerpflanze Philodendron pertusum die Samen umgiebt; doch fehlt es auch in den Beeren des bei uns gemeinen Arum maculatum nicht. Bei den Dikotylen kommen öfter schön ausgebildete Einzelkristalle vor, z. B. in den Blattstiel- und Blattgewebezellen vieler Begonien (Figur 21), in Wurzel und Stengel der Gartenbohne; viel häufiger sind jedoch Drusen, z. B. im Wurzelstock vom Rhabarber, im Parenchym der Kakteen, in Holz und Rinde unserer Laubhölzer. Die Drusen haben stets einen protoplasmatischen Kern, dem sie aufsitzen. Nach außen sind dieselben, wie auch die Raphiden und Einzelkristalle, wohl stets mit einem dünnen, wahrscheinlich aus Protoplasma bestehenden Häutchen überzogen, das nach Auflösung des oxalsauren Kalkes zurückbleibt. Endlich enthalten viele Pflanzen Kristalle von oxalsaurem Kalke auch in die Substanz der Zellhaut eingelagert (Figur 22); vor allem ist dies in der Klasse der Gymnospermen (besonders bei den Nadelhölzern) der Fall, und zwar im Bastgewebe und Rindenparenchym der Zweige und Blätter ꝛc. Die Einzelkristalle haben gewöhnlich Briefcouvertform; sie stellen eine stumpfe quadratische Pyramide dar. Doch kommen auch Verbindungen dieser mit der quadratischen Säule vor. Sie gehören also ins quadratische System. Die Nadelbündel (Raphiden) dagegen sind ihrem Verhalten im polarisierten Lichte gemäß in das klinorhombische (triklinische) System zu stellen. Die Kristalldrusen endlich können von Kristallen des einen oder andern Systems gebildet werden.

Figur 22. Eine halbe Spikularzelle*) von Welwitschia mirabilis mit sehr zahlreichen in die äußere Schicht der sehr dicken Wandung eingelagerten Kristallen von oxalsaurem Kalk. (n. S.)

Der oxalsaure Kalk findet in der Pflanze keine Verwendung; er ist nichts Anderes, als ein Ausscheidungsprodukt.

10. Die Zellbildung.

Das Wachstum der Pflanze erfolgt nicht bloß durch Streckung, bez. Vergrößerung schon vorhandener Zellen, sondern vor allem durch Bildung neuer. Ebenso ist eine Neubildung von Zellen zur Hervorbringung von Sporen und Samen, also von Fortpflanzungsorganen, notwendig; denn niemals entstehen dergleichen Gebilde von selbst, durch sogenannte Urzeugung

*) Als Spikularzellen bezeichnet man die in den parenchymatischen Geweben der Gymnospermen hier und da auftretenden dickwandigen, oft sogar verzweigten Faserzellen.

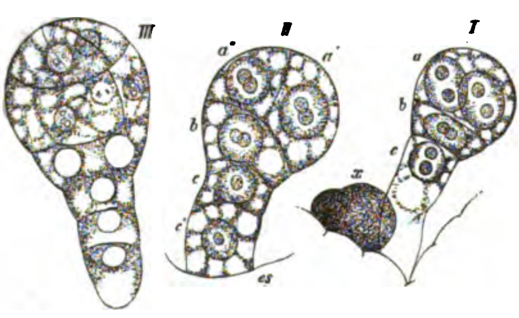
(Generatio spontanea s. aequivoca), selbst nicht die kleinsten und unbedeutendsten. Neue Zellen können nur aus schon vorhandenen hervorgehen. Am häufigsten tritt der Natur der Sache nach die vegetative Zellbildung, d. i. die Zellbildung in wachsenden Pflanzenteilen, ein. Sie erfolgt ohne Ausnahme dadurch, daß eine Zelle sich zweiteilt und die beiden Tochterzellen die Mutterzelle vollständig ausfüllen. Man hat diese Art der Zellbildung bei niederen wie höheren Pflanzen vielfach studiert und dabei hauptsächlich zwei verschiedene Arten der Teilung beobachtet.

In dem ersten Falle, der besonders bei den Spirogyren, den grünen Fadenalgen mit spiralförmig durch die Zelle gewundenen Chlorophyllbändern (Figur 23), zur Anschauung kommt, zeigt der das Zellinnere erfüllende Protoplasmakörper eine ringförmige Einfaltung, die von der Zellwand nach der Mitte der Zelle langsam vorrückt, bis endlich zwei vollständig getrennte Körper entstanden sind. Meist erscheint nun gleichzeitig, manchmal aber auch erst nach vollständiger Teilung des Protoplasmakörpers eine Zellstoffleiste, die in derselben Weise von der Zellwand nach dem Zellinneren fortschreitet, bis sie endlich eine vollständig geschlossene Wand bildet. Die Teilung des Zellkerns geht hier nicht der Teilung des Protoplasma voraus, sondern tritt mit ihr zugleich ein. Ist sie vollzogen, so weichen die beiden neu entstandenen Kerne mit der ihnen zugehörigen Protoplasmahülle auseinander, bis sie am Ende des Gesamtvorganges der Zellbildung wieder etwa die Mittelpunkte der neu entstandenen Zellen erreicht haben.

Bei der Gewebebildung der höheren Pflanzen erfolgt die Scheidewandbildung nicht



Figur 23. Spirogyra longata (500fach vergrößert). A eine Zelle vor der Teilung, B C Zellen während der Teilung, D E mittlere Teile von in Teilung begriffenen Zellen; q, q', q'', q''' Einfaltung des Protoplasmakörpers und Bildung der Zellstoffleiste. (n. S.)

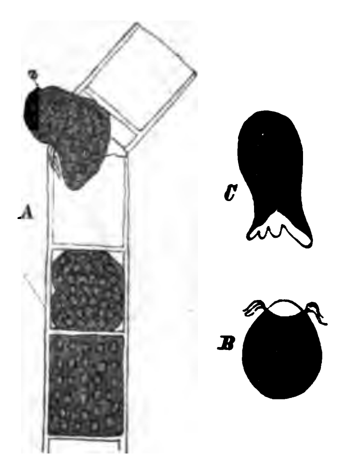


Figur 24. Zellteilung innerhalb der Embryonen im Embryosack der Sommerzwiebel (Allium Cepa); die Zellen enthalten hier sehr große Zellkerne mit je zwei Kernkörperchen. Bei I ist die kugelige Scheitelzelle noch ungeteilt, hat aber schon zwei Zellkerne gebildet; bei II hat sie sich bereits geteilt (in a' und a''). In gleicher Weise ist Zelle c (in I) in II in c und c' zerfallen. (n. S.)

so allmählich, sondern es scheidet sich der Zellstoff an allen Orten gleichzeitig aus, und die Zellwand stellt, sobald sie neu erkannt werden kann, auch schon ein vollständig geschlossenes Häutchen dar. Unmittelbar vor Entstehung desselben spaltet sich die protoplasmatische Masse der Mutterzelle in zwei Hälften, die dicht aneinander stoßen. Dieser Spaltung folgt aber die Scheidewandbildung so schnell, daß es nur in den seltensten Fällen gelingt, den Augenblick zu beobachten, wo zwar die Trennung des Protoplasmakörpers, aber noch nicht die Bildung der trennenden Zellwand erfolgt ist (Figur 24). Über die Beteiligung des Zellkerns an diesem Vorgange herrscht noch keine vollständige Klarheit. So weiß man nicht, ob sich nach Auflösung des ursprünglichen neue bilden, oder ob sich der vorhandene teilt.

Weit mannigfaltiger tritt aber die Zellbildung bei der Erzeugung von Fortpflanzungsorganen auf.

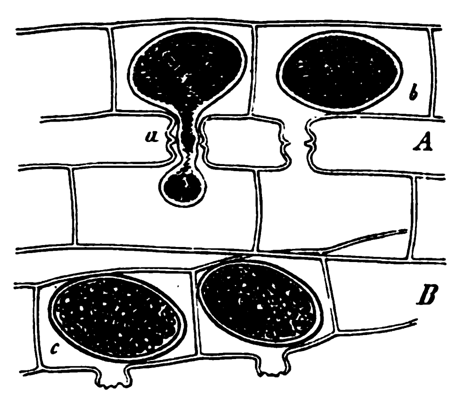
Ein ganz eigentümlicher Vorgang ist die sogenannte Erneuerung oder Verjüngung einer Zelle. Eigentümlich erscheint er besonders deshalb, weil er nicht mit einer Zellvermehrung Hand in Hand geht, sondern nur auf einer neuen Anordnung des schon vorhandenen Protoplasma beruht. Beispiele hierzu bieten verschiedene Fadenalgen, z. B. die Gattung Oedogonium (Figur 25). In irgend einer Zelle des Fadens zieht sich der protoplasmatische Inhalt, nachdem er einen Teil des zwischen seinen Molekülen befindlichen Wassers ausgestoßen hat, zusammen, wobei die Chlorophyllstreifen verblassen. Hierauf verläßt derselbe die Zellhaut und gestaltet sich zu einem eiförmigen Körper um, der ein breites grünes und ein schmales farbloses Ende zeigt. Das farblose Ende, das mit einem Kranze von zahlreichen Wimpern besetzt ist, geht beim Schwärmen voraus, lag aber in der Mutterzelle seitlich. Hat sich die Schwärmspore mit einer Zellhaut bekleidet, wird das farblose zum Wurzelende, mit dem das junge Pflänzchen sich anheftet, während das grüne Ende fortwächst.



Figur 25. A Stück eines geschlechtslosen Fadens von Oedogonium. z Austritt der Schwärmspore; B die Schwärmspore frei, in Bewegung; C dieselbe mit Haftscheibe.

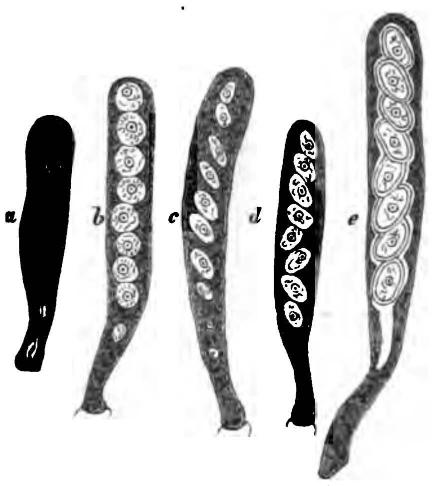
Ein anderer Vorgang ist die Zellbildung durch Konjugation. Hierbei verschmelzen die Protoplasmakörper zweier oder mehrerer Zellen zu einem einzigen, welcher sich darauf mit einer Haut umgiebt und nun eine neue Zelle darstellt, die in ihren Eigenschaften weit verschieden von den beiden Elternzellen ist. Leicht läßt sich diese Konjugation bei den Schraubenalgen und Jochfäden (Spirogyra und Zygnema) beobachten. Im Frühjahr und Frühsommer finden wir gar nicht selten Sümpfe mit sehr schlüpfrigen gelbgrünen Watten bedeckt. Dieselben werden in der Regel von der verlängerten Schraubenalge (Spirogyra elongata) gebildet. Verschaffen wir uns ein wenig von den Watten und bringen wir eine Kleinigkeit davon unter das Mikroskop, so werden wir oft Fäden bemerken, die leiterartig miteinander verbunden sind. Andere zeigen uns, wie diese Verbindung eintritt. Wir

sehen da aus den Zellen zweier nebeneinander liegender Fäden Ausstülpungen hervorkommen, die so lange fortwachsen, bis sie sich treffen. Verschiedene dieser nebeneinander liegenden Fäden lassen gewöhnlich alle möglichen Stufen des Vorgangs beobachten. Treffen sich die Zellausstülpungen endlich mit ihren Spitzen, so löst sich die beide trennende Haut auf und es entsteht ein offener Verbindungskanal. Jetzt zieht sich nun in den beiden verbundenen Zellen der Protoplasmakörper zusammen, und der eine von ihnen verläßt seine Zelle, um durch den Kanal zu dem andern hinüberzukriechen. Hier angekommen, verschmilzt er mit demselben. Nach diesem Akte nimmt der vereinigte Körper wieder eine ellipsoidische Form an. Es muß dabei abermals eine Zusammenziehung eintreten (durch Ausstoßen von Wasser), da der neue Körper kaum einen größeren Raum einnimmt, als jeder der beiden einzelnen für sich, aus deren Vereinigung er hervorgegangen ist (Figur 26).



Figur 26. A In Konjugation begriffene Zellen. Bei a entschlüpft der Protoplasmakörper seiner Zelle und kriecht durch den Kanal in die andere hinüber, bei b ist dies bereits geschehen. B Infolge der Kopulation entstandene sogenannte Zygosporen. Vergr. 550. (n. S.)

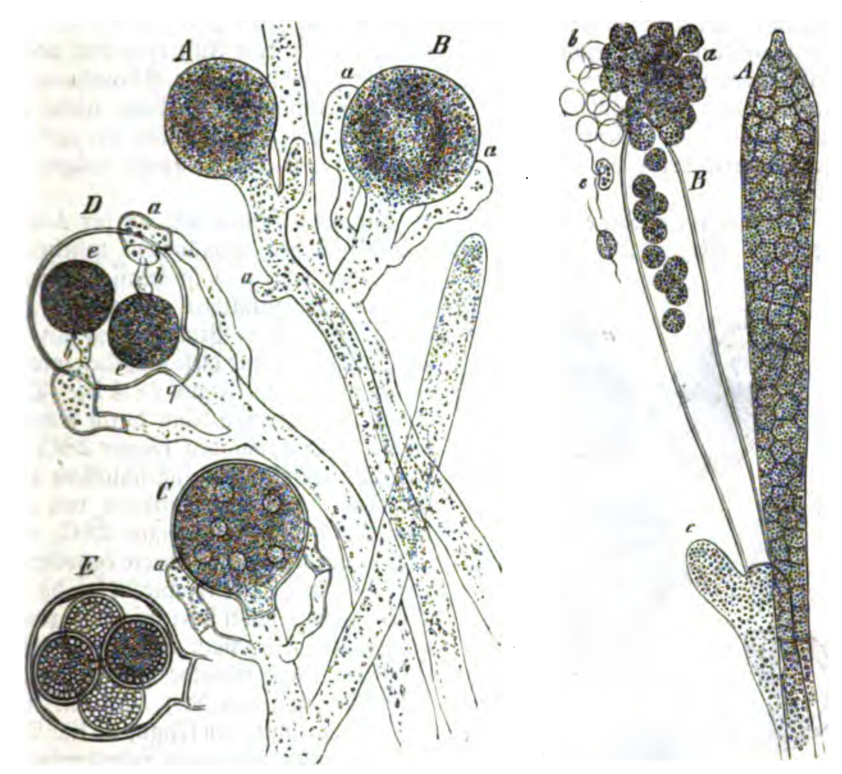
Treten im Protoplasma einer Zelle Bildungsmittelpunkte auf, um die sich Protoplasmapartien ansammeln, die zu neuen Zellen werden, ohne daß jedoch der gesamte protoplasmatische Inhalt der Mutterzelle dadurch aufgezehrt wird, so haben wir es mit freier Zellbildung zu thun. Auf solche Weise entstehen die Sporen in sämtlichen Schlauchpilzen (Ascomyceten) und vor allen Dingen auch die Eizellen oder Keimbläschen bei den Phanerogamen.



Figur 27. Bildung der Sporen bei Ascobolus furfuraceus. (n. J. bot. Z. 71.)

Bei dem auf Kuhkoth wachsenden, kleinen, becherförmigen Schlauchwerfer (Ascobolus furfuraceus) (Figur 27) ist die schlauchförmige Zelle, in der die Sporen entstehen, anfangs mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt. Hat sie etwa zwei Drittel ihrer schließlichen Größe erreicht, zeigt sich darin ein kugelrunder, schwach lichtbrechender Kern (Nucleus), der ein Kernchen (Nucleolus) einschließt (Figur 27a). Nach dem Erscheinen des Kerns wachsen die Schläuche besonders im oberen Teile, dessen Protoplasma jetzt ganz gleichartig erscheint, während im unteren Teile

Vacuolen auftreten. Endlich verschwindet der Zellkern und acht Sporen werden gleichzeitig sichtbar. Dieselben sind anfangs noch völlig unbekleidet (Figur 27b), sie bestehen bloß aus runden Protoplasmaportionen, die einen Zellkern einschließen. Später erst umhüllen sie sich mit einer dünnen Zellhaut (Figur 27c), die nach und nach immer derber und fester wird (Figur 27e). Bei dem orangeroten Becherpilze, der Peziza confluens, treten nach dem Verschwinden des Zellkerns erst zwei, dann vier, endlich acht Zellkerne auf, die sich mit



Figur 28. Achlya lignicola. Bildung der Eizellen. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben A—E. a die befruchtenden (männlichen) Organe, b der von ihnen ausgehende Schlauch, c die (weibliche) Befruchtungskugel. (Vergrößerung 550.) (n. S.)

Figur 29. Schwärmsporenbehälter der Achlya lignicola. A noch geschlossen, B Schwärmsporen entleerend; a eben ausgetretene Schwärmsporen, b leere Häute derselben, c im Zustande des Schwärmens befindliche. (Vergr. 550.) (n. S.)

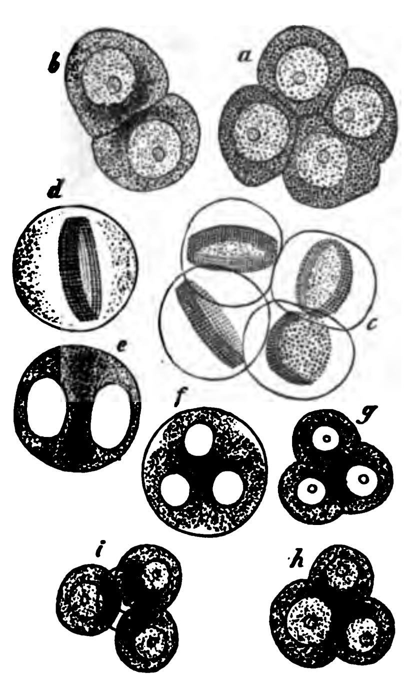
Protoplasma umgeben und schließlich mit einer Haut umhüllen, um auf diese Weise ebenfalls Sporen zu werden.

Auch die erste Anlage des pflanzlichen Keimes erfolgt, wie schon erwähnt, durch freie Zellbildung, und zwar innerhalb der sogenannten Samenknospen, d. i. der kleinen weißen Körnchen, welche die meisten Pistille im Fruchtknoten schon enthalten, wenn die Blüten eben erst entfaltet werden. Diese Samenknospen haben in ihrem Kerne eine stark vergrößerte Zelle, den Keimsack (Embryosack). In diesem treten kurz vor der Befruchtung

innerhalb des Protoplasma mehrere kugelige Verdichtungen auf, die zu scharf umschriebenen Zellkernen werden. Um diese sammelt sich weniger dichtes Protoplasma an, und es entstehen so deutlich umgrenzte nackte Zellen (Primordialzellen), welche zuweilen vor, in der Regel aber erst nach der Befruchtung eine Zellhaut erhalten. Man nennt sie **Keimbläschen***).

Endlich können aber auch Fortpflanzungszellen durch **bloße Teilung der Mutterzellen** entstehen. Eine solche Teilung kann Anlaß zur Entstehung von zwei, drei, vier, bez. vielen Tochterzellen geben. Die neue Zellwand, welche hier stets gleichzeitig an der ganzen Oberfläche der Tochterzellen gebildet wird, erscheint entweder sofort nach dem Auftreten der nackten Zelle, oder erst später; auch läßt sich hier gewöhnlich eine Abrundung des Protoplasma beobachten, welche bei der vegetativen Zellteilung nicht vorhanden ist. In jedem Falle wird aber für die Tochterzellen der gesamte Protoplasmakörper der Mutterzelle verwendet. Einige Beispiele mögen das erläutern.

Zwei verschiedene Formen dieses Vorgangs finden wir an der Achlya lignicola (Figur 28), einem aus zarten fädigen Schläuchen bestehenden Pilze, der sehr gern in Wasser liegende, faulende Holzstückchen bewohnt. Hier drängt sich das Protoplasma in die Schlauchenden, und diese schwellen infolgedessen kugelig an (Figur 28 A B). Diese Kugeln grenzen sich dann durch Scheidewände vom Tragfaden (Figur 28C) ab. Alsdann zerfällt das eingeschlossene Protoplasma (nach dem Auftreten von zellkernartigen Gebilden (Figur 28C) oder auch ohne solches) in mehrere (gewöhnlich zwei bis vier) Teile (Figur 28D), die sich abrunden und dabei stark zusammenziehen, um dann später, nach eingetretener Befruchtung (diese Gebilde stellen nämlich sogenannte Eizellen dar), sich mit einer Zellhaut zu umkleiden (Figur 28E). Derselbe Pilz bildet aber auch Schwärmsporen und zwar ebenfalls durch Zellteilung (Figur 29). Hierbei zerfällt das Protoplasma in den keulig verdickten Fadenenden jedoch in eine sehr große Anzahl kleiner Teile, die durch eine in der Zellwand entstandene Oeffnung aus dem engen Zellraume entweichen, um sich abzurunden und mit einer dünnen Haut zu umgeben, die sie aber sehr bald wieder verlassen, worauf sie dann lebhaft im Wasser umherwimmeln.



Figur 30. Sporenbildung beim Schlamm-Schachtelhalm (Equisetum limosum). (500fache Vergrößerung). a Gruppe von vier, b solche von zwei Mutterzellen, c d Mutterzellen in Vorbereitung zur Zweiteilung, e eine mit zwei Kernen, f g i Teilung in vier Sporen, h abnorme Bildung dreier Sporen aus einer Mutterzelle. (n. S.)

*) Es sind dies diejenigen Zellen, welche durch die Befruchtung zur Keimbildung veranlaßt werden.

Bei der Bildung der Sporen in den Früchten der Laub- und Lebermoose, sowie der Gefäßkryptogamen; ferner bei der Bildung der Blütenstaubkörner der Phanerogamen tritt in der Mutterzelle stets eine Vierteilung (Figur 30) ein, und zwar kann derselben eine Zweiteilung vorausgehen, oder es kann ein sofortiges gleichzeitiges Auftreten von vier Protoplasmaportionen erfolgen. Bei den Laubmoosen zerfällt die protoplasmatische Substanz in vier sich rasch abrundende und zusammenziehende Teile, die erst nach völliger Trennung eine Zellhaut bilden, während man bei der Entstehung verschiedener Pollenkörner, z. B. der großen Kapuzinerkresse, den Eindruck gewinnt, als ob die Zellhaut von der Wand ab leistenartig nach innen wüchse, dabei das Protoplasma immer tiefer einschnürte und endlich vollständig trennte.

Als besondere Art der Zellteilung ist noch die Sprossung zu bezeichnen, ein Vorgang, den man sehr häufig bei der Bildung der Fortpflanzungszellen von Pilzen beobachtet. Sie besteht darin, daß die Mutterzelle eine Ausstülpung hervortreibt, die entweder unmittelbar zur Fortpflanzungszelle wird (indem sie sich aufbläht und abrundet, wie es die Hefezellen (Figur 2) thun), oder an deren freien Enden zuvor eine Anschwellung und dadurch erst die Bildung einer Fortpflanzungszelle erfolgt. Die anfängliche Ausstülpung bildet in diesem letzteren Falle nur den Träger derselben. Auf diese Weise entstehen, wie später gezeigt werden wird, die Sporen der Hutpilze.

Zweites Kapitel.

Die Zellen in ihrem Zusammenhange untereinander.

1. Die Entstehung der Zellgewebe.

Die Zelle, die wir im vorigen Kapitel nach den verschiedensten Beziehungen hin betrachteten, bildet den Baustein für den Pflanzenkörper. Sowie aber ein einzelner Baustein niemals für sich allein ein Gebäude zu bilden vermag, so wird auch die einzelne Zelle niemals imstande sein, für sich allein einen vollkommeneren Pflanzenkörper darzustellen. Dazu sind vielmehr stets eine Menge von Zellen notwendig, die, ähnlich den Bausteinen im Gebäude, untereinander im innigsten Verbande stehen. Je nach der Lage oder je nach den Verrichtungen des Pflanzenteils, welchen sie bilden, zeigen die also verbundenen Zellen gewisse Verschiedenheiten in Bezug auf Form, Größe, Inhalt, Ausbildung der Zellhaut, oder auch in Bezug auf die Art und Weise ihrer Aneinanderfügung. Es finden sich also an einer und derselben Pflanze gewöhnlich verschiedene Arten von Zellverbindungen. Eine Zellverbindung nun, die sich durch irgend welches Merkmal als ein einheitliches größeres Ganze darstellt, nennen wir ein Zellgewebe.

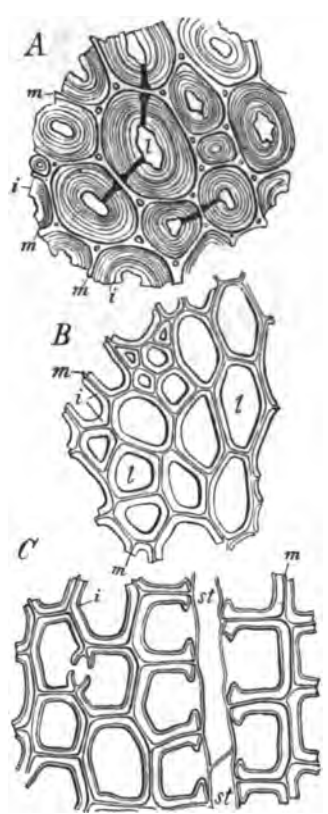
Die Bildung von Zellgeweben ist eine notwendige Folge der Art und Weise, wie die Zellbildung, die dem Wachstume der höheren Pflanzen zu Grunde liegt, überhaupt vor sich geht. Die Art der Scheidewandbildung nämlich bedingt, daß die durch wiederholte Zweiteilung aus gemeinsamen Mutterzellen entstandenen Tochterzellen von Anfang an im Zusammenhange bleiben und daß infolgedessen die einzelnen Zellen wie Kammern in einer einheitlich wachsenden Masse erscheinen müssen.

Ausnahmsweise entsteht das Zellgewebe zuweilen aber auch aus Zellen, die anfangs unverbunden nebeneinander liegen, infolge des Wachstums sich jedoch berühren und schließlich so innig miteinander verschmelzen, daß eine Grenzfläche selbst mit den besten optischen Hilfsmitteln nicht mehr zu erkennen ist. Es ist dies ein Vorgang, den einige Algen*) zeigen, der aber auch bei dem Beginne der Bildung des Sameneiweißes beobachtet werden kann.

*) Die anfangs unverbunden nebeneinander liegenden und später verwachsenden Zellen bilden eine sogenannte Zellfamilie.

In beiden Fällen erscheint die Scheidewand als eine ganz gleichartige, einfache, je zwei Zellen gemeinsam angehörige Platte (Lamelle), die niemals eine Sonderung in zwei Blätter (etwa durch eine feine Spalte) erkennen läßt. Erst später, wenn infolge des Dickenwachstums der Wassergehalt der Zellhaut sich verschieden verteilt hat und die letztere infolgedessen zahlreiche Schalen erkennen läßt, zeigt der Verlauf dieser Schalen ganz deutlich den jeder Zelle gehörigen Anteil an denselben; aber auch jetzt läßt sich nur eine einfache Mittelschicht (Figur 31), die beiden Zellen gemeinsam ist, wahrnehmen.

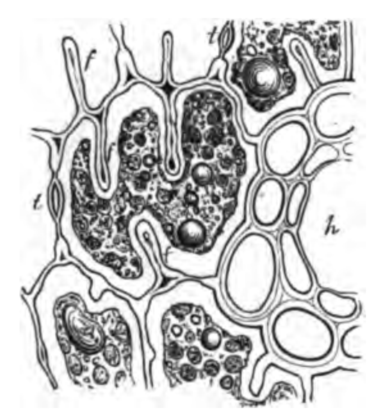
Dieselbe ist bei verholzten Geweben gewöhnlich dünn, aber stark lichtbrechend und besteht aus einer dichten, nicht quellungsfähigen Masse. Behandelt man Querschnitte von dergleichen Geweben mit konzentrierter Schwefelsäure, so bleibt diese Mittelschicht nach Auflösung der übrigen als feines Netzwerk zurück, während durch Kali oder Salpetersäure sie allein aufgelöst wird, die übrige Zellmasse aber erhalten bleibt, und sich nur in einzelne Gewebszellen trennt.



Figur 31. Querschnitte durch verdickte Zellen mit deutlich wahrnehmbarer Mittelschicht (m); i ist die neben der Mittelschicht liegende Hautsubstanz, l der Innenraum der Zelle. A aus dem Stamme des cypressenförmigen Bärlapp (Lycopodium Chamaecyparissus); B Holzzellen aus einem Gefäßbündel von der knolligen Sonnenrose (Helianthus tuberosus); C Holz von der Kiefer (Pinus silvestris); st ein Markstrahl. (Vergr. 800.) (n. S.)

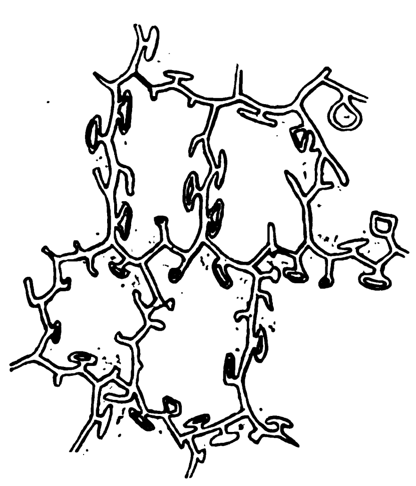
Obschon die dünne Lamelle, welche die jungen Zellen trennt, in ihrer Masse durchaus gleichartig (homogen) ist, tritt doch bei späterem Flächenwachstum gar nicht selten eine Spaltung derselben ein, und zwar geschieht dies infolge der Spannung, in welche sie durch die stete Zunahme der Flächenausdehnung des ganzen Pflanzenkörpers versetzt wird. Man beobachtet dies beispielsweise bei der Bildung der Spaltöffnungen in der pflanzlichen Oberhaut, bei Entstehung der Intercellulargänge u. s. w. (siehe die darauf bezüglichen späteren Figuren). Die Spaltöffnungen entstehen so, daß sich bestimmte Zellen der Oberhaut jugendlicher Organe durch eine auf der Oberhaut senkrecht stehende Wand, welche stets in der Richtung des Durchmessers der Zelle liegt, in zwei Zellen teilen. Die Scheidewand ist natürlich auch hier bloß eine einfache Lamelle. Dieselbe spaltet sich aber in ihrem mittleren Teile in zwei Blätter, die sich durch nachträgliches Flächenwachstum nach innen einbiegen, wodurch ein quer die Oberhaut durchsetzender Gang entsteht, der von den beiden Hälften der ursprünglichen Zelle halbmondförmig umschlossen wird. Die Intercellular- (Zwischenzell-)räume sind Risse in der Form von dreiseitigen Prismen, welche an den Kanten der Parenchymzellen (s. w. u.) hinlaufen und dadurch entstehen, daß sich die allen anstoßenden Zellen gemeinsame,

ursprünglich homogene Wand in der Richtung der betreffenden Kanten in mehrere Blätter trennt. Die Intercellularräume treten immer mit andern dergleichen in Verbindung und bilden schließlich ein zusammenhängendes System von engen Kanälen. Figur 21 zeigt uns in einem Schnitte durch das Parenchym aus dem Blattstiele einer Begonie verschiedene solcher Kanäle im Querschnitt. Anfangs bestand dieses Gewebe aus polyedrischen Zellen, die fast unter rechten Winkeln zusammenstießen, während jetzt die Zellen abgerundet erscheinen. Überhaupt wird, wenn die den Intercellularraum einschließenden Zellen immer fortwachsen, dieser Raum immer größer, die Zellen selbst werden unregelmäßiger oder berühren sich in immer kleinern Flächen.



Figur 32. Stück vom Querschnitte der echten Seestrandskiefer (Pinus pinaster). h Hälfte eines Harzganges, links daran chlorophyllhaltige Parenchymzellen mit Hauteinfaltungen f, t tüpfelähnliche Bildungen. (Vergr. 800). (n. S.)

Eine Spaltung in zwei Lamellen kann in größerer oder geringerer Ausdehnung an jeder beliebigen Stelle der zwei aneinanderstoßende Zellen trennenden Scheidewand auftreten. Zuweilen zeigen diese Lamellen durch nachträgliches Wachstum wieder verschiedenartge Einfaltungen. Dergleichen beobachten wir an dem Querschnitte durch das nadelförmige Blatt von der echten Seestrandskiefer (Pinus pinaster) (Figur 32), ferner an der Oberhaut an der Unterseite der Kronenblätter der chinesischen Primel (Figur 33). In dem letztern Falle bilden diese Falten einspringende Leisten, die als Verdoppelungen der Zellhaut sich in den Zellraum hineinziehen, verwachsen und an ihrem Ende sich zuweilen abermals in zwei Lamellen spalten.

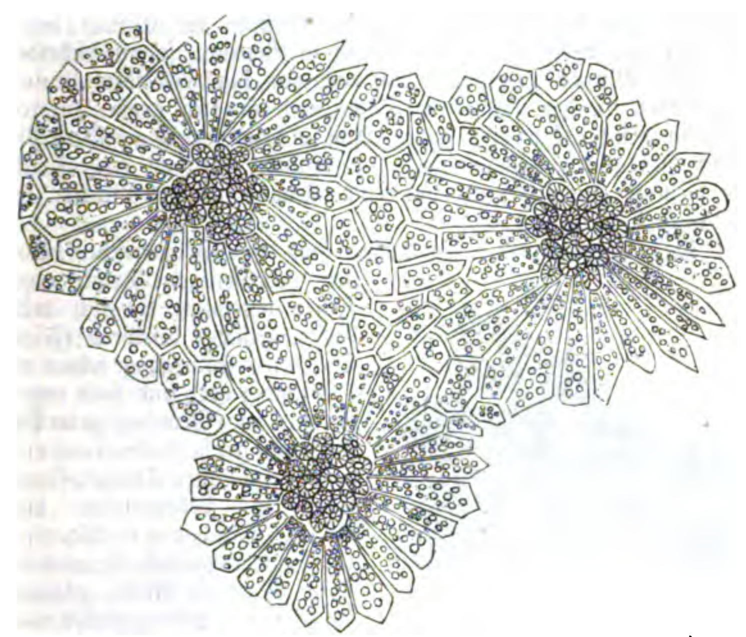

Figur 33. Oberhaut von der Unterseite der Kronenblätter der chinesischen Primel (Primula sinensis). (Vergr. 500.) (n. Cohn.)

In saftigen Früchten tritt bei den anfangs allseitig verbundenen Zellen nicht selten eine Spaltung der einfachen Wände in zwei Blätter gleichmäßig an allen Stellen ein; das Gewebe löst sich dann in lauter einfache Zellen auf und wird zum Zellhaufen. Sehr schön lassen das im Winter die Schneebeeren beobachten.

Die Intercellulargänge führen entweder vom ersten Augenblicke ihres Entstehens an nur Luft oder enthalten anfangs eine farblose Flüssigkeit und erst späterhin Luft. In ganz ähnlicher Weise, wie sie, entstehen auch die später zu besprechenden Harz-, Gummi- und Milchsaftgänge, nur mit dem Unterschiede, daß die Zellen, welche sie umgrenzen, sich in besonderer Weise ausbilden.

2. Gewebeformen.

Nie ist das Zellgewebe einer höhern Pflanze (von den Gefäßkryptogamen bis zu den Dikotylen aufwärts) ein durchaus gleichartiges; nie besteht es also nur aus gleichgestalteten und in gleicher Weise verbundenen Zellen. Im Gegenteil lassen sich — wie schon angedeutet — an jeder höhern Pflanze stets verschiedene Arten bez. Formen des Gewebes nachweisen, je nachdem man auf die äußere Gestalt der Zellmassen, auf ihre Entstehung, auf die Form der sie bildenden Zellen rc. sein Augenmerk richtet.



Figur 34. Steinzellengruppe aus dem Fruchtfleische der Birne. (Vergr. 400.) (n. W.)

Betrachten wir die im Pflanzenkörper auftretenden Gewebeformen zunächst nach ihrer äußern Gestalt, so vermögen wir zu unterscheiden:

1. Zellreihen, d. h. Zellverbindungen, die von über- oder nebeneinander liegenden einzelnen Zellen gebildet werden. Sie treten in den höhern Pflanzen an der Oberfläche als Haarbildungen, im Innern als sogenannte Gefäße auf oder machen auch für sich allein verschiedene niedere Pflanzen z. B. die Fadenalgen und Fadenpilze aus.

2. Zellflächen; sie entstehen dann, wenn die Zellen nach zwei Richtungen des Raumes aneinanderstoßen. Die Oberhaut der höhern Pflanze, das Blatt eines Lebermooses wird von einer solchen Zellfläche gebildet. Verschiedene Algen bestehen nur aus dergleichen.

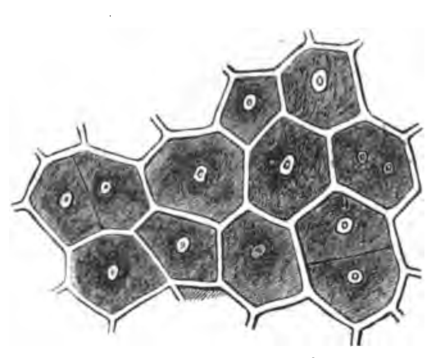
3. Zellkörper oder Zellvereinigungen, die nach allen Richtungen hin

aus zwei bis vielen Zellenlagen bestehen. Finden wir dieselben, ohne daß sie eine bestimmte äußere Form verraten, auf Quer= wie auf Längsschnitten aus zahlreichen Zellen zusammengesetzt, so nennen wir sie wohl auch Gewebemassen. Solche bilden das Fruchtfleisch saftiger Früchte, die Gewebe der großen Pilzkörper und dergleichen. Stellen dieselben jedoch lang= gestreckte Gebilde von faden= oder bandförmiger Gestalt dar, bezeichnet man sie als Zellenstränge. Solche bilden nicht selten den echten Bast dikotyler Pflanzen. Anhäufungen unter sich gleichartiger Zellen machen endlich die Zellgruppen oder Zellnester aus, die sich gar nicht selten in ausgedehnteren Partieen im Grundgewebe dikotyler Pflanzen finden, wie z. B. die Stein= zellengruppen (Figur 34), die so häufig im Fruchtfleische der Beurré blanc auftreten, sobald dieselbe auf unpassendem Boden steht.

Ziehen wir bei der Einteilung der Gewebe die Gestalt der Zellen und die Art und Weise ihrer Verbindung in Betracht, so unterscheiden wir:

1. Das Merenchym. Dasselbe wird von kugeligen oder ellipsoidischen Zellen gebildet, die der Natur der Sache nach ziemlich große Intercellular= räume zwischen sich aufzuweisen haben. Von solchem Gewebe gebildete Pflanzen= teile erscheinen locker, schwammig. Ich erinnere hier an das Fruchtfleisch saftiger Früchte (Schneebeere), das Innengewebe saftiger Blätter (Sedum, Mesembryanthemum 2c.).

2. Das Parenchym. In diesem sind nur polyedrische, also durch den gegenseitigen Druck abgeflachte Zellen vereinigt, die sich mit ihren breiten Flächen berühren (Figur 35). Die Intercellulargänge fehlen entweder vollständig oder sind bald enger, bald weiter. Dieses Gewebe zeigt im Pflanzen= reiche eine große Verbreitung und bildet bei den einfachsten Stengelpflanzen, den Laub= und Lebermoosen, die ganze Pflanze, während es bei höheren Pflan= zen besonders die äußersten und innersten Teile, Mark und Rinde, zusammensetzt. In gestreckten Pflanzenteilen, wie z. B. in den Wurzeln und den Stengelgliedern, sind die Zellen des parenchymatischen Gewebes in der Richtung des Pflanzenteils etwas gestreckt, aber unten und oben stets mit breiten Querwänden abgestutzt und in nebeneinander= stehende Reihen geordnet. In den Laubblättern finden sich immer zwei Arten von Parenchym gleichzeitig nebeneinander. Unmittelbar unter der Ober= haut und zwar senkrecht auf derselben sind rechteckige Zellen dicht aneinander gelagert und bilden das sogenannte Pallisadenparenchym, während darunter rundliche Zellen, die große Intercellularräume zwischen sich lassen, das Schwammparenchym darstellen.



Figur 35. Parenchym aus dem Marke unterhalb des Vegetationskegels der Roßkastanie. (Vergr. 800.)

3. Das Prosenchym, auch Holz= oder Fasergewebe, besteht aus dick= wandigen, spindel= oder fadenförmigen und an beiden Enden zugespitzten Zellen, die sich so eng aneinander lagern und so vollständig zwischeneinander ein= schieben, daß von Intercellularräumen keine Rede sein kann. Hauptsächlich

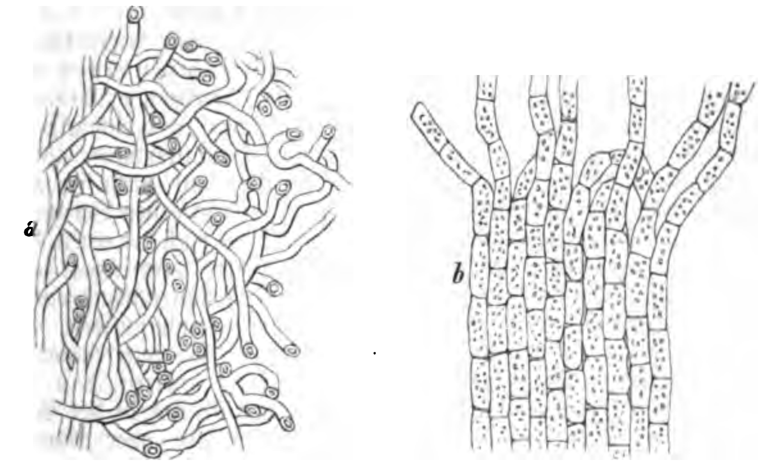
werden die faserigen Bestandteile des echten Bastes und Holzes von dieser Gewebeform gebildet (Figur 36).

4. Das Filz- oder Hyphengewebe endlich besteht aus langen, dünnen, einfach verzweigten und nur an der Spitze fortwachsenden Fäden, die sich lockerer oder dichter aneinander lagern oder ineinander verflechten und infolgedessen bald größere, bald kleinere Zwischenräume zwischen sich lassen (Figur 37 a). Alle größern Pilzkörper werden davon gebildet. Sind die Fäden kurz und weit und sehr dicht verflochten, so hat das Gewebe auf seinen Durchschnitten nicht selten den Schein des Parenchyms und heißt dann Pseudoparenchym (Figur 37 b).



Figur 36. Prosenchym aus dem Stamm der Linde. (Vergr. 250.)

Nach der eigentümlichen Beschaffenheit der Zellhaut bezeichnet man besonders zwei verschiedene Gewebearten, nämlich das Collenchym oder Leimgewebe und das Sklerenchym oder Hartgewebe. Bei ersterem haben die Zellwände, resp. die Verdickungsschichten derselben die Eigentümlichkeit, mit Wasser aufzuquellen und dadurch schleimig oder gallertig zu werden. Wir finden dies in der Samenhaut von Lein, Quitte, in den Markstrahlen des Tragant ꝛc. Bei letzterem, dem Sklerenchym, zeichnen sich dagegen die Zellwände nicht bloß durch eine ungewöhnliche Dicke, sondern vor allem auch durch eine ganz besondere Härte und Festigkeit aus. Sklerenchymatisches Gewebe bildet viele Samen- bez. Fruchtschalen; es tritt ferner in den braunen, festen Strängen auf, welche die Stämme von Baumfarn durchziehen.



Figur 37. a Filzgewebe aus der Markschicht des Lagers von der isländischen Moosflechte (Cetraria islandica); b pseudoparenchymatisches Gewebe, in einzelne Fäden sich auflösend, aus dem Stroma (s. w. u.) von Nectria cinnabarina. (n. R.)

Endlich kann man die Gewebeformen noch nach ihrer entwicklungsgeschichtlichen Bedeutung in zwei Hauptgruppen einteilen:

1. In Teilungsgewebe oder Meristem, in dem die Zellen die Fähigkeit besitzen, sich wiederholt zu teilen, und
2. in Dauergewebe, in dem die Zellen diese Fähigkeit verloren haben.

Während jenes aus dünnwandigen Zellen besteht, die reichlich mit Protoplasma versehen sind, hat dieses ziemlich dickwandige, die wenig oder gar kein Protoplasma, ja oft nur Luft enthalten.

Das Teilungsgewebe oder Meristem, das man in den jungen Organen oder Organenteilen, also in den Wurzelspitzen, Stammspitzen, jüngsten Blättern oder Keimlingen findet und aus dem später die verschiedenartigsten Gewebesysteme hervorgehen können, stellt man als Urmeristem gewöhnlich dem Folgemeristem gegenüber, das in dünnen Lagen zwischen Schichten von Dauergewebe auftritt, um durch seine zellenbildende Thätigkeit neues Material zur Vermehrung desselben zu erzeugen. Wir werden später verschiedene Arten des Folgemeristems (z. B. das Cambium, den Verdickungsring) näher kennen lernen.

3. Zellfusionen oder Gefäße.

Wenn übereinanderliegende Zellen so miteinander verschmelzen, daß die trennenden Scheidewände entweder ganz verschwinden oder doch insoweit aufgelöst werden, daß sich die Inhaltsmassen vollständig vereinigen können, so entstehen Gefäße oder Zellfusionen. Man unterscheidet gewöhnlich Milchsaftgefäße, Schlauchgefäße, Siebröhren, Holzröhren.

Die Milchsaftgefäße bilden sich schon frühzeitig im jungen Gewebe. Sie stellen lange, mit Milchsaft erfüllte Röhren dar, die später auch seitlich miteinander in Verbindung treten und schließlich die ganze Pflanze als ein zusammenhängendes Röhrensystem durchziehen (Figur 38). Die seitliche Verbindung wird erst nachträglich durch die zahlreichen Aussackungen bewirkt, die die Milchsaftröhren an vielen Punkten hervortreiben und die sich mehr oder weniger tief in das benachbarte Gewebe hineindrängen, um teils blind zu endigen, teils mit andern dergleichen zu verschmelzen. Im allgemeinen verlaufen sie, wenigstens in ihren Hauptstämmen, längs den Gefäßbündeln, und zwar bald mehr im Bastteile, bald mehr im Holzteile derselben. Von hier aus können sie im Stamme und in dessen Verzweigungen durch die vorhin erwähnten Aussackungen allerdings nach der einen Richtung bis zur Epidermis, nach den andern bis zum Marke vordringen, oder sich im Blatte nach allen Richtungen in die Zellen des Parenchyms einschieben. Von den Milchsaftgefäßen sind die Milchzellen zu unterscheiden — lange, an den beiden Enden vielfach verzweigte Zellen, die sich untereinander nicht verbinden. Ihre außerordentliche Länge ist Ursache gewesen, daß man sie früher nicht mit jenen vereinigte. Sie entstehen frühzeitig in der Nähe der Stammspitze in dem jungen Grundgewebe von Rinde oder Mark (siehe Idioblasten S. 46). Während wir die ersteren besonders bei den Cichoriaceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Papayaceen, vielen Papaveraceen, manchen Aroideen und Musaceen finden, besitzen letztere die Euphorbiaceen, Apocyneen und Asklepiadeen.

Der Inhalt der Milchsaftgefäße bez. Milchzellen besteht aus einer an

und für sich klaren wässerigen Flüssigkeit, in der sich, ähnlich wie in der Milch, eine große Zahl ungelöster kleiner Körperchen schwimmend befinden. Er kann milchweiß (Mohn), gelb (Schöllkraut Chelidonium), rot (Blutkraut, Sanguinaria), bräunlichgrün (Portulacca) oder auch wasserhell gefärbt sein. Stets enthält er sehr mannigfaltige Substanzen — entweder gelöst oder hochgradig aufgequollen. Sehr häufig finden sich kleine Kautschukkügelchen, Stärkekörner, Gummi, Pflanzensäuren 2c. darin. Vom Kuhbaume (Galactodendron utile) Venezuelas, wie vom Melonenbaume (Carica Papaya) Südamerikas wird der Milchsaft genossen, während er vom javanischen Gift- oder Upasbaume (Antiaris toxicaria) giftige Wirkungen zeigt. Der eingetrocknete Milchsaft vom morgenländischen Mohn (Papaver orientale) liefert das Opium, der von verschiedenen Euphorbiaceen (Wolfsmilchgewächsen), Artocarpeen (Fleischfrüchtlern) und Apocyneen (hundswürgerartigen Pflanzen) das technisch so wichtige Kautschuk. (Die Hauptmasse davon bietet uns die Euphorbiacee Siphonia elastica, ein in Brasilien und Guyana heimischer, bis 30 Meter hoher Baum.)

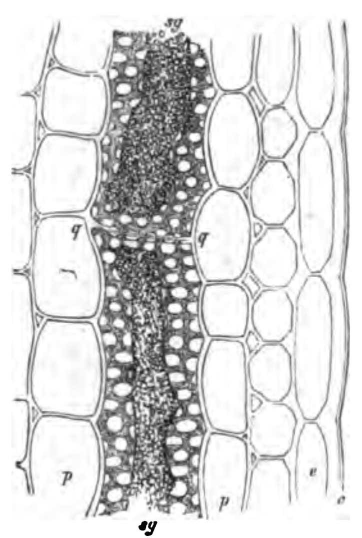
Der Milchsaft befindet sich nicht etwa, wie man früher glaubte, in Bewegung; die Gefäße sind aber in der Regel so prall damit angefüllt, daß er bei Verletzung derselben in ziemlicher Menge daraus hervorgepreßt wird. Bei einigen Salat- (Lactuca-) Arten soll schon das Kitzeln mit einem Haare hinreichen, den Milchsaft in Tröpfchen hervortreten zu lassen, und wenn Ameisen oder andere Insekten darauf hinkriechen, sollen ganze Strömchen davon hervorschießen.

Figur 38. A Tangentialer Längsschnitt durch den Bastteil der Gefäßbündelschicht von der Wurzel der spanischen Haferwurz (Scorzonera hispanica); im parenchymatischen Gewebe verlaufen zahlreiche, seitlich untereinander verbundene Milchsaftgefäße. B Ein kleines Stück eines solchen Gefäßes mit den angrenzenden Parenchymzellen stärker vergrößert (n. S.).

Die Schlauchgefäße sind lange, weite, dünnwandige Röhren, die aber nicht immer eine vollständige Verschmelzung der sie bildenden Zellen zeigen, sondern in der Regel noch die breiten Scheidewände beobachten lassen. Gewöhnlich sind dieselben jedoch sieb- oder gitterartig durchbrochen; ja auch die Längswände zeigen da, wo zwei Schläuche aneinanderliegen, Tüpfelbildungen (Figur 39). Schlauchgefäße finden sich bei den meisten Monokotylen, (am vollkommensten zeigen sie wohl die

Commelynaceen); sie fehlen aber auch den Dikotylen nicht ganz. Gewöhnlich durchziehen sie, regelmäßig verteilt, aber doch miteinander in Verbindung stehend, in senkrechten Reihen die Blätter und das Rindengewebe des Stengels seiner ganzen Länge nach, und zwar nahe unter der Oberhaut. Sie führen einen trüblichen Saft, der gewöhnlich zahlreiche nadelförmige Krystalle von oxalsaurem Kalke einschließt. Ihre physiologische Bedeutung scheint darin zu bestehen, daß sie die Leitung von neugebildetem Nahrungssafte zu den Verbrauchs- bez. Aufbewahrungsstätten zu besorgen haben.

Die Siebröhren gehen aus Längsreihen gestreckter, cylinderischer oder prismatischer Zellen hervor, welche an ihnen als ihre Glieder immer deutlich unterscheidbar bleiben. Die einzelnen Glieder werden durch Wandstücke mit sehr kleinen durchbohrten Tüpfelchen, den Siebporen, begrenzt. Man bezeichnet diese Wandstücke gewöhnlich als Siebplatten oder Siebfelder (Figur 40). Diese Platten sind entweder horizontal oder nur wenig schräg und dann regelmäßig ein wenig breiter, als der Durchmesser des Gliedes selbst, oder sie sind sehr stark geneigt, so daß sie die Seitenwand unter einem sehr spitzen Winkel treffen und gewissermaßen meißelartig zuschärfen. Die Länge der einzelnen Glieder ist je nach der Pflanzengattung ebenso wechselnd, wie die der Gefäße selbst. Die Wände sind weich, nicht verholzt und farblos. Die Siebplatten treten nur allein an der Grenze zweier Glieder auf, und die aneinanderstoßenden Glieder passen stets mit ihren Tüpfelchen und späteren Poren vollständig aufeinander. Ihr Inhalt besteht zunächst aus einer zusammenhängenden, dünnen, protoplasmaähnlichen Substanz, welche der Wand jedes Röhrengliedes angelagert ist, und aus einer davon umschlossenen, wasserhellen Flüssigkeit, die in der Regel eine alkalische Reaktion besitzt. Sie bilden einen nie fehlenden Teil der den Gefäßbündeln zugehörigen Bastschicht und kommen außerhalb der Gefäßbündel überhaupt nicht vor. Ihre Bestimmung dürfte wohl ebenfalls darin bestehen, die durch die organisatorische Thätigkeit des Protoplasma gebildeten, zu Neubildungen verwendbaren Nährstoffe, an die Stellen ihrer Verwendung oder ihrer Reservierung hinzuführen.

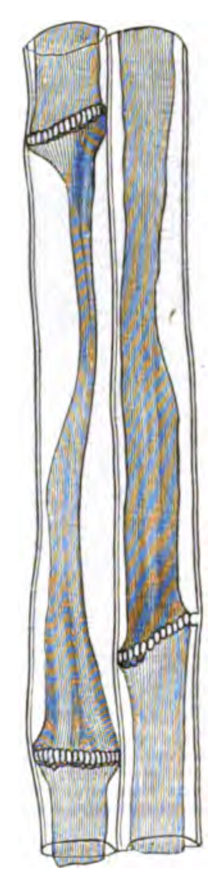


Figur 89. Längsschnitt durch die Schale der Sommerzwiebel (Allium Cepa). c Cuticula, e Epidermis, p Parenchym; zwischen p-p ein Schlauchgefäß mit Tüpfelbildung in der Längswand, q-q die Querwand, sg der durch Kalilösung geronnene Inhalt des Schlauchgefäßes. (n. S.)

Die Holzgefäße. Während die vorstehenden Gefäßformen stets Flüssigkeiten enthalten, führen die Holzgefäße nur Luft. Sie stellen ebenfalls ziemlich lange röhrige Gebilde dar, welche aus übereinander stehenden gestreckten Zellen dadurch entstanden, daß die Querwände entweder vollständig oder doch teilweise aufgelöst wurden. Ihre Wände bleiben nicht, wie die der vorher besprochenen Gefäße, dünn und zart, sondern verdicken sich stets. Die Verdickung ist aber niemals eine gleichmäßige. Infolge der vielfach

und mit einer gewissen Regelmäßigkeit unterbrochenen Verdickungsmasse erscheinen die Wände getüpfelt oder mit faserförmigen Streifen versehen oder beides zugleich (vergl. Seite 8 und 9). Daher unterscheidet man Holzgefäße mit faserförmigen Verdickungsstreifen, und zwar Spiralfaser-, Ringfaser-, Netzfasergefäße, sowie ferner getüpfelte oder punktirte Gefäße (Figur 41).

Bei den Spiral-, Ring- und Netzfasergefäßen springen die Verdickungsstreifen nach innen vor, und zwar gewöhnlich als schmale, flache Bänder; bei den getüpfelten Gefäßen jedoch zeigen sich in der stark verdickten Zellwand Lücken von rundlicher oder ellipsoidischer Form. Bei den Treppengefäßen sind die Tüpfel sogar linienartig in die Länge gezogen. Die Tüpfel finden sich höchst selten ordnungslos zerstreut, sondern sind fast ausnahmslos in mehr oder minder steilen Spiralen angeordnet. In einzelnen Fällen ragen von den verdickten Hautstellen noch zapfen- oder balkenartige Fortsätze in den Zellraum hinein oder sind gar quer durch denselben gespannt. Man hat solche Gefäße wohl auch Querbalkengefäße genannt.



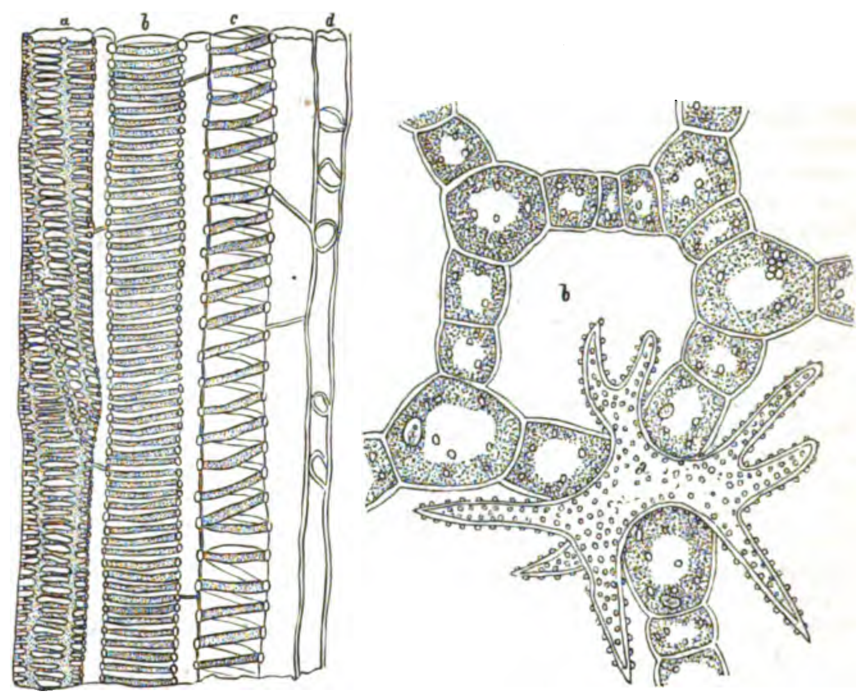
Figur 40. Stücke von zwei Siebröhren aus einem Stengelglied des Kürbis (Cucurbita Pepo); an den Endflächen derselben die Siebplatten. Der Inhalt der Siebröhren durch Alkohol zusammengezogen, den Platten jedoch anhaftend und durch die Poren aus einem Gliede ins andere übergehend. (N. de By.)

Neuere Untersuchungen haben zwei Arten von Holzgefäßen kennen gelehrt, nämlich die Tracheiden und die Tracheen. Die Wand der erstern ist, welches auch ihr Bau sei, eine überall geschlossene Membran, die Wand der letztern jedoch an den Grenzflächen von reihenweise übereinanderstehenden und ursprünglich geschlossen gewesenen Zellen durchbrochen; die Zellreihe ist also zu einer zusammenhängenden Röhre verschmolzen. Die Tracheiden unterscheiden sich von den Tracheen infolgedessen dadurch, daß in den Zwischenwänden die die Zellräume verbindenden Löcher fehlen. Übergänge zwischen beiden finden sich aber sehr oft.

Man könnte die Tracheiden als spindelförmige Faserzellen von rundlichem oder vieleckigem Querschnitte bezeichnen. Ihre Länge, die stets das Vielfache ihres Querdurchmessers ausmacht, schwankt zwischen 0,16 und 1,0 Mm., kann aber selbst bis 4 Mm. betragen, während die Tracheen z. B. in den großen Spiral- und Ringfaserröhren von Musa und Canna bei einer Weite von 0,08—0,1 eine Länge von über 1 Cm. und in denen von Nelumbium speciosum bei einer Weite von 0,567 Mm., sogar eine Länge von über 12 Cm. erlangen können. Früher hat man nie die Tracheiden von den Tracheen unterschieden, und das Meiste von dem, was über Holzelemente mit faserförmiger Wandverdickung geschrieben worden ist, bezieht sich nur auf die Tracheiden.

Bei den Zellfusionen sind immer mehrere oder viele unter sich gleichartige Zellen zu einem größern Ganzen vereinigt, das sich von den anliegenden Gewebsteilen scharf abhebt und als etwas Selbständiges darstellt. Es kann

aber auch eine einzelne Zelle infolge eines ganz individuellen Wachstums oder infolge in ihr auftretender, ganz besonderer chemischer Vorgänge eine andere Beschaffenheit, als die umgebenden annehmen und sich in einer ganz auffälligen Besonderheit den übrigen gegenüber zeigen. Man hat dergleichen Idioblasten genannt. Solche Zellen können den übrigen ganz ähnlich gestaltet sein, aber einen besonderen und anders gefärbten Inhalt umschließen; oder sie können eine ganz besonders verdickte Zellhaut besitzen (Steinzellen); oder aber sie



Figur 41. Gefäße aus einem Gefäßbündel von dem Pfeffergewächs Saururus cernuus; a leiterförmiges Netzgefäß; b Spiralgefäß mit sehr engen Windungen; c Spiralgefäß mit locker gewundener Faser, d Ringgefäß. (Vergr. 375.)

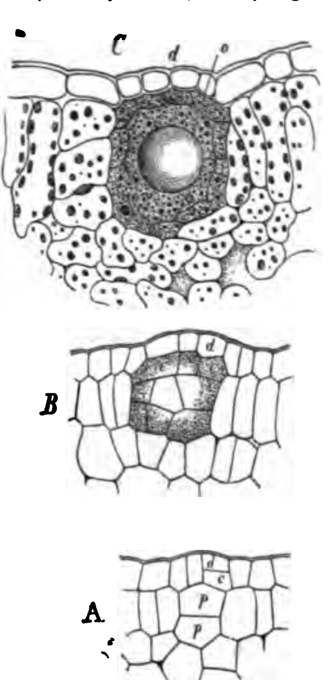
Figur 42. Ein Stück vom Querschnitt durch den Blattstiel der weißen Wasserrose (Nymphaea alba). a Idioblast (Sternhaar), b Luftgang. (Vergr. 400.) (n. W.).

können auch durch beträchtliches Größenwachstum, durch starke Längenzunahme mit Verzweigung (Figur 42) ausgezeichnet sein. Das Letztere zeigen recht schön die Eckzellen in den Luftgängen verschiedener Arten von Nymphaea und Nuphar. Hierher gehören auch die Seite 42 erwähnten Milchzellen bei den Wolfsmilchgewächsen &c.

4. Drüsen, Saftbehälter und Saftgänge.

Während die vorhin besprochenen Zellverschmelzungen (Zellfusionen) verschiedene Gegenden der Pflanze miteinander in Verbindung setzen und besonders dem Transporte der Nähr- und Bildungsstoffe dienen, giebt es noch andere zur

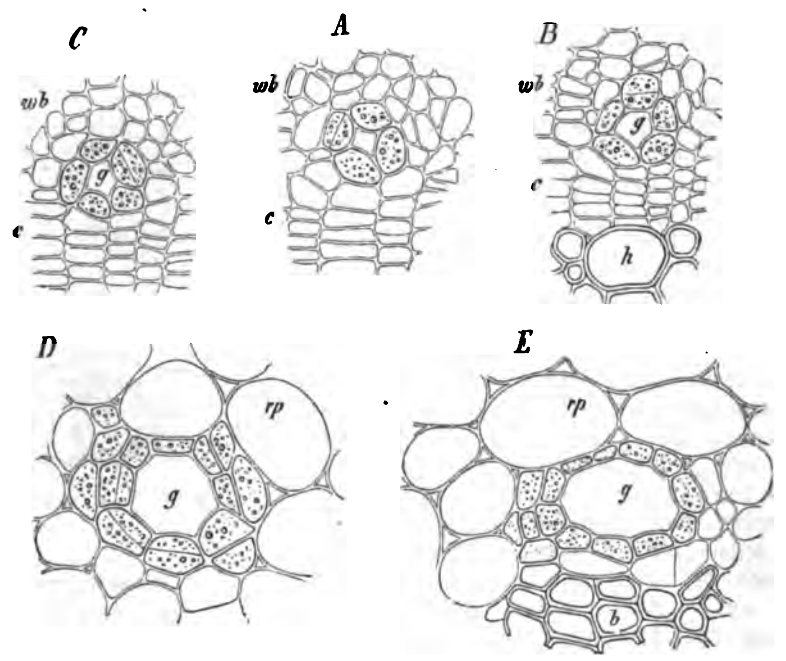
Aufnahme von solchen Stoffen, die beim Wachstum keine weitere Verwendung finden. Man bezeichnet diese Zellverschmelzungen als **Drüsen** und die Stoffe, die sie umschließen, als Secrete. Der Begriff der Drüsen ist ein außerordentlich schwankender, indem man darunter auch eine Anzahl Oberhautgebilde (Drüsenhaare, Drüsenschuppen rc.) mit begreift. Hier wollen wir nur von den innern Drüsen reden, welche aus Zellgruppen bestehen, die nach Auflösung der trennenden Scheidewände einen von Secreten (Harze, ätherische Öle rc.) erfüllten Hohlraum bilden, der von besonderen Gewebsschichten umschlossen wird. Man findet solche innere Drüsen in ziemlicher Menge bei den Früchten der Orangegewächse (Citrone, Apfelsine rc.). Schon auf den jungen Fruchtknoten der Blüte lassen sich die Anfänge davon als rundliche Nester von Zellen wahrnehmen, die mit einem trüben, von kleinen Öltropfen durchsetzten Protoplasma erfüllt sind. Später quellen die die einzelnen Zellen trennenden Scheidewände auf, verflüssigen sich, und es entsteht ein einziger großer Zellraum, der allein das Secret einschließt. Umgeben wird derselbe von einer oder mehreren Reihen besonders gestalteter Zellen, welche ihn von dem übrigen Gewebe scharf abgrenzen. Die Entstehung einer innern Drüse zeigt Figur 43. Wir haben darin einen Durchschnitt durch die Blattoberseite vom Diptam (Dictamnus Fraxinella) vor uns. Die Drüse nimmt ihren Ausgang von zwei Zellen, deren eine c der Blattoberhaut, deren andere p der unmittelbar darunter liegenden Parenchymschicht angehört. Nach Abscheidung der Zelle d, welche sich am weiteren Aufbau der Epidermis beteiligt, bildet sich nun aus c und p durch wiederholte Zellteilung das Drüsengewebe, das B zeigt und aus dem schließlich die Drüse C selbst nebst der aus einer Zellreihe bestehenden Hüllschicht hervorgeht.



Figur 43. Drüse auf der Blattoberseite des Diptam (Dictamnus Fraxinella). A und B frühere Entwicklungszustände, C fertige Drüse mit einem großen Tropfen ätherischen Öles o. (n. R. Sachs Lehrbuch.)

Lösen sich in Zellgruppen, welche bestimmte Stoffe (Harze und dergleichen) einschließen, die Quer- und Seitenwände auf, ohne daß aber eine abgrenzende Hüllschicht zur Ausbildung gelangt, so entstehen **Saftbehälter**. Hierzu gehören beispielsweise die Gummibeulen im Fruchtfleisch kranker Pflaumen. Sie bilden sich dadurch, daß sich an irgend einer Stelle, nicht zu tief unter der Oberhaut, die Zellwände nach vorgängiger Quellung verflüssigen. Der Zellstoff verwandelt sich in Gummi, und dieses füllt den neu entstandenen Hohlraum, der natürlich eine ganz unbestimmte Begrenzung hat, sehr bald vollständig aus. Setzt sich die Gummibildung (Gummosis) fort, wird durch den Druck, den die Ansammlung davon auf das umliegende Gewebe ausübt, die überliegende Schicht zerrissen, und die Masse ergießt sich nach außen.

Viele Sekrete werden aber auch in Kanäle (Saftgänge) abgeschiedne, die, ähnlich wie die luftführenden Intercellularräume, durch das Auseinandertreten von Zellen entstanden, welche früher durch ihre Scheidewände verbunden waren, mit der Ausnahme jedoch, daß die umgrenzenden Zellen später eine besondere Ausbildung erfuhren. In Figur 44 ersehen wir aus A, wie der Intercellularraum aus vier Zellen hervorgegangen ist, die einen trüben, körnigen Inhalt einschließen und sich, wie schon A und die übrigen Figuren zeigen, vermehren. Infolge dieser Vermehrung werden die anfänglich sehr engen Gänge



Figur 44. Saftgänge b im jungen Stamme des Epheu (Hedera Helix). (Vergrößerung 800.) A B C mit jungen Gängen, an der Grenze von Cambium c und Weichbast wb gelegen, h Holz. D E mit älteren Gängen an der Grenze von Bast b und Rindenparenchym rp befindlich. (n. S.)

nach und nach immer weiter. Aus dem umliegenden Gewebe erfüllen sich dieselben je nach der Pflanzengattung mit Harz oder Gummi oder einem Gemisch von beiden, oder mit Milchsaft, oder mit ätherischen Ölen. Harzgänge haben die meisten Coniferen, Gummigänge die Zapfenpalmen (Cycadeen), Gänge mit einem Gemisch von beiden die Doldengewächse, Gänge mit ätherischen Ölen die Korbblütler (Kamille u. dergl). Man findet sie in allen Pflanzenteilen, in der Rinde und in der Gefäßbündelschicht ebensowohl, wie im Marke. Wie die Milchsaftgefäße folgen sie hauptsächlich der Längsrichtung der Organe. Bei Verwundungen tritt der Inhalt infolge des Druckes, den die umliegenden Gewebsschichten ausüben, ähnlich wie bei den Milchsaftgefäßen, aus der Wundstelle hervor.

5. Gewebesysteme.

Wie die Elementarorgane des Pflanzenkörpers, die einzelnen Zellen, zu Geweben zusammentreten, so vereinigen sich bei höhern Pflanzen die einzelnen Gewebe wieder zu Einheiten höherer Ordnung, zu Gewebesystemen. Die Anordnung der Gewebeformen und ihr Zusammentreten zu Gewebesystemen wird hauptsächlich durch die Verrichtungen bedingt, die ihnen obliegen.

Insofern als die ganze Gewebemasse das Bestreben hat, sich nach außen abzuschließen, treten die an der Oberfläche befindlichen Gewebe in einen gewissen Gegensatz zu den inneren; es bildet sich im Gegensatz zum Grundgewebe das Hautgewebe aus. Aber auch in diesem heben sich besondere Gewebeformen wieder als zusammengehörig aus der Gesamtmasse heraus, nämlich die in der Längsrichtung des Pflanzenteils verlaufenden Gewebsstränge, die sogenannten Gefäßbündel oder Fibrovasalstränge.

Wir erhalten damit bei den vollkommenen Pflanzen, von den Farnen ab, drei verschiedene Gewebesysteme: das Hautgewebe, das Grundgewebe und die Fibrovasalstränge.

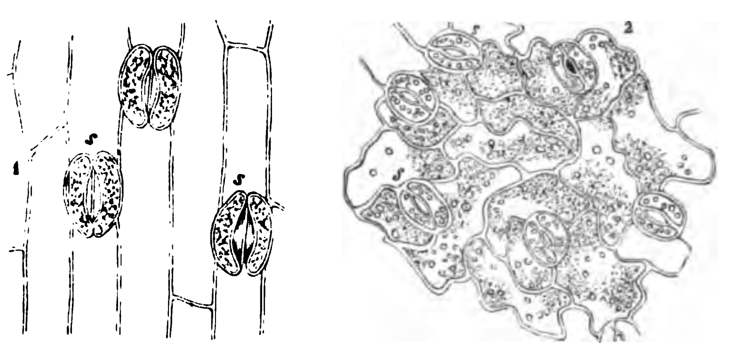
A. Das Hautgewebe.

Von Hautgewebe im Gegensatze zum Grundgewebe kann allerdings nicht die Rede sein bei denjenigen niederen Pflanzen, die nur aus Zellfäden oder nur aus einer Zellschicht bestehen. Aber auch dann, wenn sie mehrschichtig sind, hebt sich selten das Hautgewebe scharf vom Grundgewebe ab, die Zellen beider Systeme gehen vielmehr allmählich ineinander über. Die äußeren Schichten werden gewöhnlich von kleineren, dickwandigeren Zellen gebildet, während nach innen zu die Zellen größer und dünnwandiger sind. Bei den Torfmoosen ist freilich das Umgekehrte der Fall: die inneren Zellen sind dickwandiger, die äußeren dünnwandiger. Gleichzeitig lassen die ersteren spiralige Verdickungsschichten beobachten und stehen durch ziemlich große Löcher in den Zellmembranen miteinander in Verbindung. Oft unterscheiden sich ferner die Außenzellen von den Innenzellen durch absonderliche Lagerung, Gestalt oder Färbung. Das vollkommenste Hautgewebe zeigen von den Zellenkryptogamen die zu den Lebermoosen gehörigen Marchantiaceen, indem sie schon eine vollkommen entwickelte Oberhaut mit Spaltöffnungen besitzen.

Eine viel größere Mannigfaltigkeit beobachten wir aber im Hautgewebe der höheren Pflanzen von den Gefäßkryptogamen ab. Allerdings ist dies auch nur an den dem Lichte und der Luft ausgesetzten Pflanzenteilen der Fall, da bei unterirdischen oder im Wasser untergetauchten stets eine geringere Verschiedenheit zum Ausdruck kommt.

Unter den Begriff des Hautgewebes fassen wir hier alle die Zellschichten zusammen, welche deutlich erkennen lassen, daß sie bestimmt sind, die inneren Zellmassen nach außen hin abzuschließen. Wir rechnen vor allen Dingen dazu die Oberhaut und die in und unter derselben auftretenden Korkbildungen.

Bei den höhern Pflanzen besteht die **Oberhaut** (**Epidermis**) in der Regel aus einer einzigen Zellschicht. Die dieselbe bildenden Zellen sind meist tafelförmig und schließen sich aufs engste aneinander an, so daß außer durch die sogenannten Spaltöffnungen niemals eine Unterbrechung stattfindet. In einigen Fällen findet man die Seitenflächen völlig eben, dieselben schneiden einander in scharfen Kanten; in andern sind sie wellig gekrümmt und gefaltet, wobei Ein- und Ausbuchtungen benachbarter Zellen genau ineinandergreifen (Figur 45). Eigentümlich erscheint es, daß ebene und wellige Seitenwände oder der Grad der Wellung an den gleichnamigen Teilen einer und derselben Art je nach dem Standorte wechseln können. Askenasy z. B. beobachtete, daß die untergetauchte Form des Wasserhahnenfußes an den Epidermiszellen des Blattlappens ebene, die Landform dagegen gewellte Seitenwände habe und Meyen fand die Seitenwände der Epidermiszellen bei einer großen Zahl Enzianen um so welliger, je feuchter die Region der Atmosphäre war, in der die Pflanze wuchs. Der Form nach sind die Epidermiszellen einander entweder annähernd gleich, oder sie zeigen eine größere Mannigfaltigkeit.



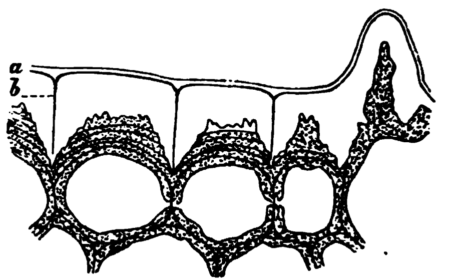
Figur 45. 1) Epidermis von dem Schneeglöckchen (Leucojum vernum), 2) von der untern Blattfläche der Erbse (Pisum sativum), s Spaltöffnungen.

Bei einzelnen Pflanzenfamilien, wie bei den Maulbeergewächsen (Moraceae), vorzüglich bei der Gattung Ficus (Feige), bei den Pfeffergewächsen (Piperaceae), besonders bei der Gattung Piper, bei den Schiefblattgewächsen (Begoniaceae), und zwar bei verschiedenen Arten von Begonia, teilen sich die Oberhautzellen später durch ein oder mehrere der Hautfläche parallele Wände in zwei oder mehrere Kammern, wodurch die Oberhaut mehrschichtig wird. Die unter der äußersten Schicht gelegenen Zellschichten werden in der Regel von großen, dünnwandigen Zellen mit wasserklarem Inhalte gebildet, weshalb man sie auch als Wassergewebe bezeichnet hat. An den Luftwurzeln vieler tropischen Orchideen und Aroideen verlieren derartige Zellschichten später ihr Wasser wieder und umgeben nunmehr den Wurzelkörper als lufthaltige **Wurzelhülle** (Velamen).

Den aus der ursprünglich einzelligen Epidermisschicht entstandenen weiteren Zellschichten schließt sich dem Ansehen nach das subepidermoidale (Unterhaut-)Gewebe, das sogenannte **Hypoderma**, eng an; es beteiligt sich, wie jene, ebenfalls an dem schützenden Abschluß der Innenschichten, ist aber hinsichtlich seines Ursprungs verschieden, da es aus den unter der echten Ober-

haut gelegenen Zellen des Grundgewebes hervorgeht. Bei verschiedenen Bromeliaceen (Ananasgewächsen) bilden sich die Zellen des Hypoderma ebenfalls zu Wassergewebe um; in andern Fällen dagegen werden ihre Häute hornartig fest, sklerenchymatisch, oder sie erlangen eine quellungsfähige Beschaffenheit und werden collenchymatisch (S. 41).

Die Membran der Oberhautzellen zeigt in einem spätern Stadium fast immer eine einseitige Verdickung, in der Weise, daß sie nach außen hin viel mächtiger entwickelt ist, als nach den Seiten und nach innen. Gewöhnlich läßt die Außenwand dann ziemlich deutlich drei Schichten erkennen. Die äußerste derselben wird Cuticula genannt. Sie ist chemisch am meisten verändert und Zellstoff kann an ihr nur sehr schwierig oder auch gar nicht mehr nachgewiesen werden. Gegen die unterliegenden Hautschichten ist sie scharf abgesetzt und läuft ununterbrochen über die Grenzen der einzelnen Zellen hin. Während sie an untergetauchten Pflanzenteilen und an Wurzeln so dünn bleibt, daß man sie ohne weiteres mikroskopisch gar nicht oder kaum wahrzunehmen vermag, zeigt sie sich an oberirdischen Pflanzenteilen nicht selten sehr dick (Figur 46).



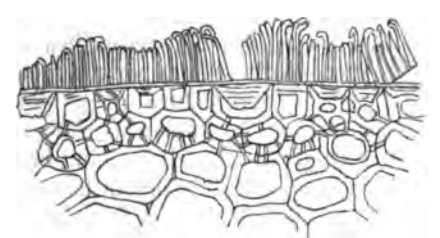
Figur 46. Querschnitt durch das Blatt von Aloë verrucosa (dem warzigen Aloë vom Kap): a die über alle Zellen ununterbrochen hinweglaufende Cuticula, b die cuticularisierten Schichten (nicht schattiert), c die nicht cuticularisierten Schichten. (Vergr. 390.) (n. B.).

Die unter der Cuticula liegende Wandseite, die in der Regel ebenfalls ziemlich dick ist, läßt noch zwei Schalen erkennen, von denen die innerste die Reaktion des reinen Zellstoffes zeigt (Seite 11), die andere aber mehr oder weniger cuticularisiert ist, und zwar auch um so mehr, je näher sie der Cuticula kommt. Während in den meisten Fällen nur die Außenwand der Oberhautzellen cuticularisiert, geht diese Umwandlung zuweilen auch in den Seitenwänden vor sich. Oft schreitet sie von außen nach innen stetig vorwärts. Die Cuticula der Epidermiszellen zeigt, ähnlich den isolierten Zellen, sehr häufig auch vorspringende Buckel, Leisten, Knoten, die sich aber selten weit über die Oberfläche erheben.

Fast ausnahmslos scheint den Cuticularschichten oberirdischer Pflanzenteile Wachs eingelagert zu sein. Dasselbe ist nun freilich an frischen Schnitten optisch nicht zu erkennen, kann aber leicht nachgewiesen werden. Man darf nur dünne Schnitte durch cuticularisierte Schichten vorsichtig unter Wasser erwärmen. Das Wachs schmilzt dann in Form von kleinen Tropfen aus der Cuticula und den Cuticularschichten. Kochender Alkohol zieht es ebenfalls aus den Membranen aus. Sehr oft tritt nun aber das Wachs auch von selbst an die Außenfläche der Cuticula und bedeckt dieselbe in verschiedener Form (Figur 47). Auf dem Laube der verschiedenen Arten Thuja (Lebensbaum), dem jungen Stengel fleischiger Wolfsmilcharten u. a. O. bildet sie eine glashelle, glatte und spröde, aber sehr dünne Schicht (1 μ dick*); dagegen wird sie auf alten Ästen von Euphorbia canariensis (der canarischen Wolfsmilch) ziemlich dick (70 μ); ja an den Stämmen der andischen Wachspalmen (Ceroxylon

*) 1 μ (ein Mikromillimeter) ist gleich einem Tausendtel Millimeter (0,001 Mm.).

und Klopstockia) erlangt sie einen Durchmesser von 5 Mm. Von den jungen Blättern derselben wird in Brasilien übrigens, nachdem sie getrocknet wurden, die Wachsschicht abgestreift und als Carnauba-Wachs in den Handel gebracht. In anderen Fällen bedeckt das Wachs die Stengel- oder Blattoberfläche in Form eines Überzuges von Stäbchen (Figur 47); so am Stengel vom Zuckerrohr, an der Blattunterfläche und den Blattstielen von verschiedenen Pisanggewächsen. Die Stäbchen stehen senkrecht auf der Cuticula, bald weiter, bald bis zur Berührung eng. Endlich tritt der Wachsüberzug als eine Schicht von einfachen Körnern oder auch von mehrfach übereinander lagernden Körnern und Stäbchen auf. Dieser Art des Überzugs verdanken viele Pflanzenteile den sogenannten Reif, den z. B. die Kohlblätter, die Nelken, ferner die Eukalypten sehr schön zeigen. Am bekanntesten ist er wohl von den Früchten unserer Pflaume. Dieser Reif oder Duft kann abgewischt werden und vermag sich von neuem zu bilden, wenn der betreffende Pflanzenteil in seiner Entwicklung ein bestimmtes Alter noch nicht überschritt. Die Wachsüberzüge werden von der Cuticula wirklich ausgeschieden, sie entstehen also nicht etwa durch Umwandlung derselben.



Figur 47. Querschnitt durch den Stengel vom Zuckerrohr (Saccharum officinarum), den Wachsüberzug in Stäbchenform zeigend. (Vergr. 375.) (n. B.)

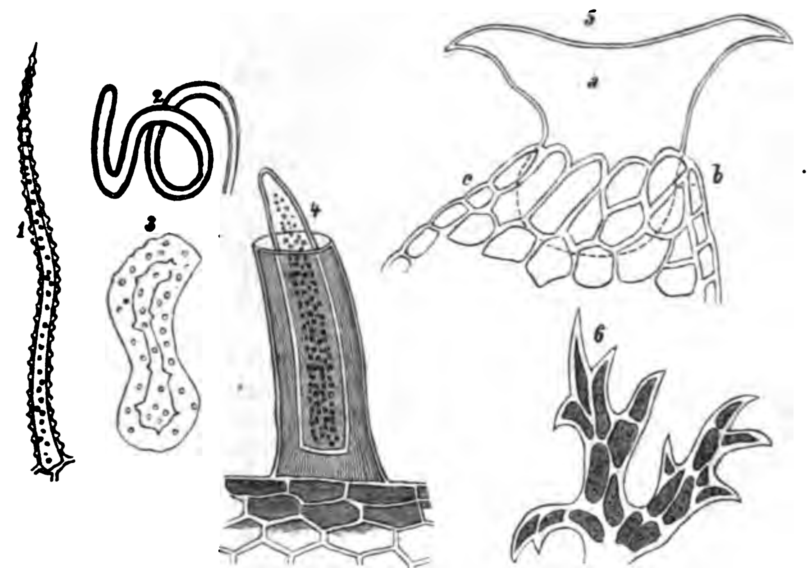
Haarbildungen.

Sehr häufig kommt es vor, daß einzelne Oberhautzellen über die Oberhautfläche mehr oder weniger emporwachsen oder durch wiederholte senkrechte und radiale Teilungen zu flächen- oder körperförmigen Auswüchsen oder Anhängen werden. Man bezeichnet dieselben als **Haarbildungen** oder Trichome. Selten fehlen dieselben einer Pflanze ganz, die meisten haben sogar sehr verschiedenartige aufzuweisen. Ein Pflanzenteil, an dem sie nicht vorkommen, heißt kahl. In der einfachsten Form sind sie nichts weiter, als kurze Ausstülpungen der Oberhautzellen, wie solche sich ganz allgemein an dem Griffel und der Narbe oder an den Blumenkronenblättern finden, die durch einen gewissen Sammetglanz ausgezeichnet sind. Ich erinnere hier an manche Pelargonien, an die Pensées (Viola tricolor). In einzelnen Fällen schwellen diese Ausstülpungen zu größeren, von einem wasserhellen Safte erfüllten Bläschen an, die den Pflanzenteilen, die sie bedecken, das Ansehen geben, als wären sie mit lauter kleinen Thau- oder Eiströpfchen bedeckt. Sehr hübsch zeigt dies Mesembryanthemum cristallinum, das man aus diesem Grunde auch Eispflanze genannt hat. Während in den meisten Fällen die Häute oder Membranen dieser ausgestülpten Zellen sehr dünn und zart sind, können sie sich aber doch zuweilen auch ziemlich verdicken und cuticularisieren. Von solchen verdickten kurzen Zellen werden unter anderem die Blattzähnchen gebildet, die wir am Blattrande, oft wohl auch auf der Blattrippe so mancher unserer Laubmoose finden (Figur 48, 6).

Gewöhnlich aber verlängert sich die Epidermiszelle weiter und wächst

zu einem längern Fortsatze von im allgemeinen kegelförmiger Gestalt aus. Auf diese Weise entsteht das einfache oder einzellige Haar. Dasselbe kann durch Anschwellung an der Spitze kolben- oder köpfchenförmig, durch den gleichen Vorgang in der Mitte tonnenförmig werden; es kann sich sichelförmig umbiegen, schlangenförmig krümmen u. dergl. mehr.

Zu den einfachsten Haargebilden gehören vor allem die Wurzelhaare, wie sie die Samenpflanzen an der Oberhaut echter Wurzeln oder Rhizome entwickeln und die den Zweck haben, ihren Unterlagen, d. h. den Erdteilchen und Steinen, denen sie sich fest anschmiegen, das anhaftende Wasser zu entziehen; ferner die Wollhaare, die die noch in den Knospen befindlichen unentwickelten Blätter und Stengelglieder bedecken und später



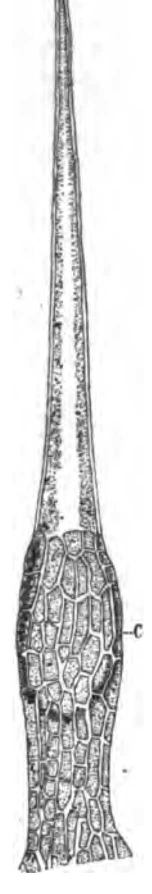
Figur 48. Haarformen: 1 einfachzelliges Haar vom Blatt der Stachelbeere (Ribes Grossularia), 2 Filzhaar vom glänzenden Fingerkraut (Potentilla splendens), 3 Blumenblatthaar von der gemeinen Heckenkirsche (Lonicera Xylosteum), 4 Sammelhaar von der Oberhaut des Griffels einer Glockenblume (Campanula), 5 Klettenhaar von den Blattrippen des Hopfen (Humulus Lupulus) a das Haar, b Contour des eingesenkten Haarteils, c Epidermis, 6 Haar vom Stamme des schattenliebenden Waldmooses (Hylocomium umbratum). (n. W.)

nicht selten abgestreift werden, aber sehr oft auch dauernd bleiben. Man denke nur an den Haarfilz der Blätter in den Knospen von der Roßkastanie, an den zarten Haarbesatz der jungen Buchenblätter.

Eine ganz besondere Eigentümlichkeit beobachtete Brongniart an den einzelligen Haaren des Griffels verschiedener Glockenblumengewächse. Er sah die Haare nach der Abstäubung des Blütenstaubes sich wie die Fühler einer Schnecke in ihre eigne Höhle zurückziehen (Figur 48, 4).

Bei den rauhblättrigen Gewächsen, wie bei Natternkopf (Echium), Krummhals (Lycopsis), Hundszunge (Cynoglossum) sind die ziemlich langen kegelförmigen einzelligen Haare sehr verdickt; sie heißen dann Borsten. Dergleichen verdickte Ausstülpungen, aber nicht von kegelförmiger, sondern von zweispitziger, amboßähnlicher Gestalt zeigen auch die Blattrippen, sowie die Blattunterseite vom Hopfen; sie unterstützen die Pflanze beim Emporklimmen.

An der freien Außenwand einzelliger Haare kann aber auch an verschiedenen Punkten ein gesteigertes Flächen- und Spitzenwachstum eintreten, wodurch dann verzweigte Formen mit zusammenhängendem Zellraume entstehen. Ferner trennt sich der untere, breitere Teil der Zelle zuweilen durch eine Zellwand von dem oberen, langausgezogenen Teile ab; so daß das Haar aus einer zum größten Teile in der Epidermis steckenden Grund- und einer freien Haarzelle gebildet wird. Gliedert sich der abgetrennte Teil durch Scheidewände, so entstehen Gliederhaare. Diese können durch seitliche Sprossungen ebenfalls Anlaß zur Bildung von baumartig oder quirlig verzweigten Haaren geben.



Figur 49. Brennhaar vom Stengel der großen Nessel (Urtica dioica). c Contour des eingesenkten Haarbulbus. (Vergr. 200.) (n. W.)

Flächenförmig oder vielmehr blattartig ausgebreitete Haare stellen die Spreublättchen der Farne dar. Dieselben werden dadurch hervorgerufen, daß in den Gliederzellen Längsteilungen eintreten.

Von ganz besonderer Art sind die pappusartigen, grauweißen Haare, welche sich an Blättern und Stengeln einiger Habichtskräuter, z. B. des orangefarbenen (Hieracium aurantiacum), finden. Sie bestehen nämlich aus zahlreichen, langgestreckten und in der Jugend chlorophyllhaltigen Zellen, deren oberes Ende sich hakenförmig aufwärts biegt und die sich zu einem schlanken, nach oben allmählich verjüngten Bündel verbinden.

Wenn die Hervorstülpung einer Oberhautzelle sich durch eine Querwand abtrennt, flächenförmig ausbreitet und durch Bildung von senkrechten und radialen Wänden zu einem scheibenförmigen Gebilde wird, so entstehen schildförmige Haare oder S c h u p p e n bez. S c h ü l f e r n. Die Ölweide (Elaeagnus) trägt dergleichen auf den beiden Blattseiten, der Tannenwedel (Hippuris) an den Stengelgliedern und auf der obern Blattseite.

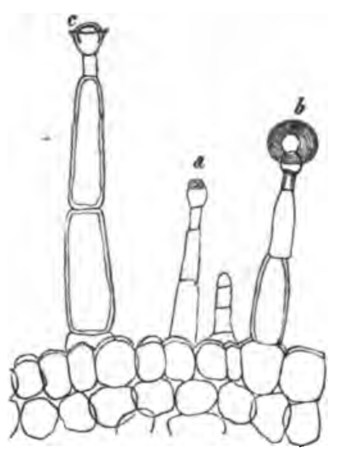
Zuweilen tritt unter dem Haar im Blattparenchym eine nachträgliche Neubildung von Zellen ein, so daß sich die betreffende Stelle über die Blattfläche erhebt. Das Haar scheint dann auf einer Blattschwellung, einer Art Höcker, zu sitzen oder erscheint wohl auch demselben eingepflanzt, wie z. B. (Figur 48, 5) das einzellige Klimmhaar des Hopfens oder das Brennhaar der Nessel (Figur 49).

Für das pflanzliche Leben sind die besprochenen Haargebilde von gewiß nicht zu unterschätzender Bedeutung. Sie bilden zunächst für die Pflanze einen Schutz bei großen Temperaturschwankungen. Daher haben ja Alpen- bez. Polarpflanzen, ferner im Frühjahre junge Pflanzenteile, wie zarte Knospen, ein schützendes Haarkleid, und Alpenpflanzen verlieren in der Regel die Haare, wenn man sie in wärmere Gegenden versetzt. Ferner schützen sie die Pflanzen vor Austrocknung; sie verdichten in ihren Zwischenräumen Wasserdampf und vergrößern die aufsaugende Oberfläche, woher es dann z. B. kommt, daß ein und dieselbe Art an trocknen Standorten, bergigen Abhängen u. s. w. behaart, an

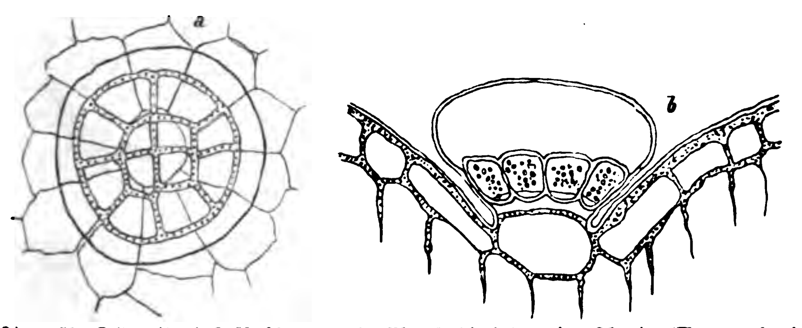
feuchten Stellen, auf Auenwiesen, kahl ist. Dann erleichtern sie (besonders die Narben- oder Staubfädenhaare) die Befruchtung, vermitteln die Aussäung von Samen über größere Flächen, helfen beim Emporklettern und nützen noch auf manche andere Weise.

Drüsenhaare bez. drüsige Oberhautbildungen.

Sehr häufig scheiden die Haare besondere Stoffe (Sekrete) aus. Schon bei den vorhinerwähnten Brennhaaren ist dies der Fall. Vor allem thun dies aber die **Drüsenhaare** oder, allgemeiner bezeichnet, die **Oberhautdrüsen**. Der Ausscheidungsstoff, das Sekret der Drüsen, findet sich immer zuerst in der Zellwand und teilt dieser eine ganz besondere Beschaffenheit mit. Gewöhnlich betrifft dies die Außenwand, und es ist in diesem Falle eine blasige Auftreibung derselben bemerklich, während in anderen Fällen das Sekret aber auch in den Wänden zwischen benachbarten Zellen auftritt. Jene könnte man **blasige Hautdrüsen**, diese **Zwischenwanddrüsen** nennen. Bei den ersteren sammelt sich der ausgeschiedene Stoff zwischen der Zellhaut und der Cuticula. Diese letztere wird dabei stark vergrößert und platzt schließlich. Infolgedessen wird natürlich die Oberfläche des Pflanzenkörpers im Umkreise der Drüse klebrig. An jungen Organen kann die Cuticula sich mehrere Male neu bilden und der Vorgang sich also mehrere Male wiederholen. Unsere Abbildung (Figur 50) zeigt dergleichen Drüsenhaare von der als Zimmerpflanze bekannten chinesischen Primel (Primula sinensis). Bei a beginnt



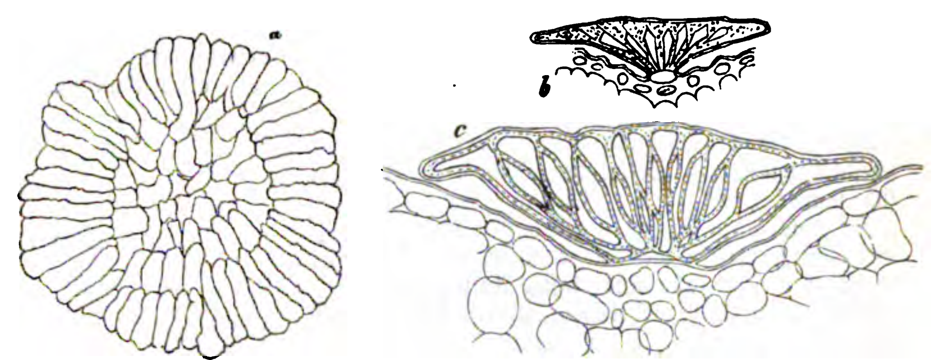
Figur 50. Drüsenhaare vom Blattstiele der Primula sinensis. a Abscheidung beginnend, b große Sekretblase, c Sekretblase geplatzt und ihr oberes Stück verschwunden. (Vergr. 142.) (n. B.).



Figur 51. Epidermis mit Drüsenschuppe von der Blattoberseite des gemeinen Thymian (Thymus vulgaris). a Flächenansicht, b senkrechter Durchschnitt. Sekret durch Alkohol entfernt. (Vergr. 375.) (n. B.)

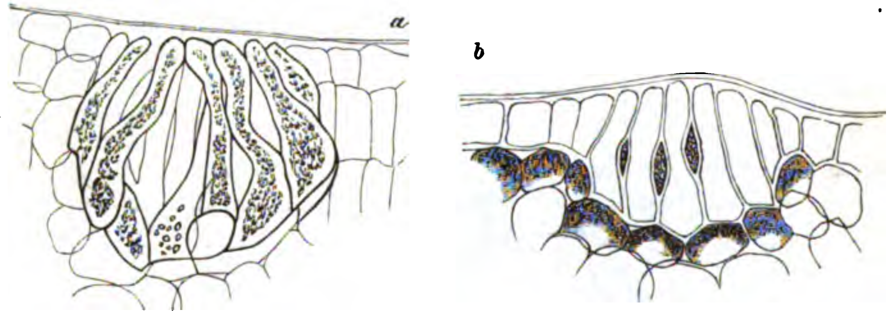
die Bildung der Sekretblase, bei b ist sie ziemlich groß, bei c endlich ist sie bereits geplatzt. Etwas ganz Ähnliches zeigen auch die mehrzelligen Köpfe der Drüsenschuppen (Figur 51). Hier beginnt die durch jene Ausscheidung

bedingte blasige Erhebung von einem beliebigen Punkte des Scheitels und breitet sich von da immer weiter über den ganzen Schuppenkopf aus, um schließlich ebenfalls gesprengt zu werden. Andere drüsige, d. h. klebrige Stoffe ausscheidende Oberhautzellen zeichnen sich trotz der verschiedenen Funktionen, die sie ausüben, wenig oder auch gar nicht von den angrenzenden aus.



Figur 52. Rhododendron ferrugineum, Drüsenschuppen von der Blattunterseite: a Flächenansicht einer größern, b senkrechter Durchschnitt einer kleinern; in letzterm die Zellen schattiert, die sekreterfüllten Zwischenräume unschattiert. (Vergr. 142.) c Rhododendron hirsutum, Drüsenschuppe von der Blattunterseite, senkrechter Durchschnitt. (225mal. Vergr.) Zellhaut der Schuppe punktiert, Zellinhalt und Sekreträume weiß, Sekret durch Alkohol entfernt. (n. B.)

Bei den Zwischenwanddrüsen tritt das Sekret nur an den Grenzflächen der Scheidewände auf. Diese Drüsen sind infolgedessen stets mehrzellig. Entweder springen sie ebenfalls nach außen vor, wie z. B. die kreiselförmigen Drüsenschuppen, die die untere Blattfläche der rostblättrigen Alpenrose (Rhododendron ferrugineum) (Figur 52) trägt; oder sie sind eingesenkt, wie die

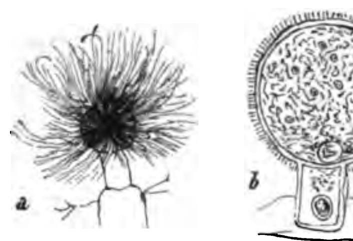


Figur 53. Senkrechter Durchschnitt der Blattfläche von Psoralea hirta. Einschichtige Epidermis und darunter liegendes Gewebe: a eine fast erwachsene Drüse nach Entfernung des Sekretes, b eine jüngere mit beginnender Sekretbildung. (Vergr. 600.) (n. B.)

auf der Blattfläche als helle Punkte erscheinenden Drüsen vom kurzhaarigen Harzklee (Psoralea hirta) (Figur 53). Wie die Figur deutlich erschließen läßt, entstehen auch in diesem letztern Falle die Drüsen aus einer Epidermiszelle, die nach innen vorragte und wiederholt durch Scheidewände, welche zur Oberfläche senkrecht standen, geteilt ward.

Nicht bloß Haarbildungen im allgemeinen, sondern vor allem auch drüsige treten gar nicht selten an jugendlichen Entwicklungszuständen (Knospen) verschiedener Pflanzen vorübergehend auf. Dieselben schwinden bei der weitern Entfaltung. Oft scheiden selbst die Blattzähne Sekrete aus. Man hat diese Organe, welche die Knospen mit einem klebrigen Ausscheidungsstoffe belegen, als Beleimer (Colleteren) und den abgeschiedenen Stoff als Knospenleim (Blasticella) bezeichnet.

Ferner finden wir verschiedene Pflanzen an der Oberfläche ihrer Blätter oder Blütenstiele zuweilen auch mit einem mehligen Überzuge bedeckt. Es ist dies der Fall bei dem Aurikel, der mehligen Primel (Primula Auricula und farinosa), der Unterseite von den Wedeln der Gold- und Silberfarne (Gymnogramme tartarea, Notholaena nivea, ferner Gymnogramme sulfurea, Pteris aurata 2c.). Dieser Überzug wird aus der Kopfzelle von Haaren abgeschieden, die den oben besprochenen Drüsenhaaren sehr ähnlich sind. Die Abscheidung erfolgt hier an der ganzen Oberfläche gleichzeitig und besteht aus kleinen stäbchen- oder nadelförmigen Kristallen, die von harzartigen Körpern gebildet werden, welche in kaltem Alkohol löslich sind (Figur 54).



Figur 54. a Bestäubtes Haar vom Silberfarn (Gymnogramme tartarea). Die runde Kopfzelle von den strahlig abstehenden Haarstäbchen bedeckt; b eben solches Haar nach Einwirkung von Alkohol, die Stäbchen meist gelöst. (Vergr. a 142, b 375.) (n. B.)

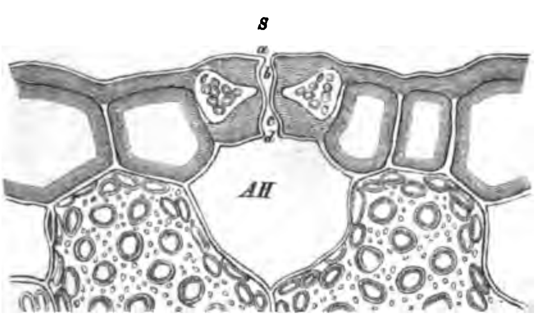
Schließlich möchte ich noch eine besondere Art von Hautdrüsen erwähnen, auf die seiner Zeit der berühmte englische Naturforscher Darwin die Aufmerksamkeit der Botaniker lenkte, nämlich die Verdauungsdrüsen der sogenannten fleischfressenden Pflanzen. Dieselben treten auf der Blattoberseite als zierliche, langgestielte, schirmförmige (beim Fettkraut, Pinguicula vulgaris) oder als kurz schirmartig gestielte, runde Schuppen (bei der Venusfliegenfalle, Dionnaea muscipula) oder auch als haarähnliche, zahnförmige Blattgewebefortsätze (beim Sonnenthau, Drosera rotundifolia u. a.) auf. Infolge äußerer mechanischer oder chemischer Reize sondern sie eine freie Säure und ein dem Verdauungsstoff (Pepsin) im tierischen Magen ähnlich wirkendes Ferment ab, durch welche beide sie imstande sind, eiweißartige (tierische) Stoffe aufzulösen, um sie dann aufzunehmen.

Die Spaltöffnungen.

Nur in der ersten Jugend bildet die Oberhaut, welche die Organe höherer Pflanzen nach außen abschließt, ein ununterbrochenes Gewebe. Später entstehen (die Oberhaut der Wurzeln ausgenommen) in derselben stets mehr oder minder zahlreiche Spalten, die einen unter der Spalte befindlichen Luftraum, die sogenannte Atemhöhle, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung setzen. Es geschieht dies, indem sich einzelne Oberhautzellen teilen und die beiden Tochterzellen auseinanderweichen. Man hat diese nachträglich entstehenden Mündungen der Lufträume bez. Luft- oder Intercellulargänge

des Pflanzeninnern nach außen Spaltöffnungen (Stomata) genannt (Figur 55).

Die Gestalt der Spaltöffnungen ist von der Fläche aus gesehen (Figur 45 s) stets elliptisch; sie kann sich aber einerseits der Kreisform nähern (wie bei der Teichrose, Nymphaea), anderseits wieder außerordentlich in die Länge strecken (bei Tradescantia virginica, einer beliebten Gartenzierpflanze). Die beiden Zellen, durch deren Auseinandertreten der Spalt entstanden ist und die ihn später halbmondförmig umgeben, heißen Schließ- oder Porenzellen (Figur 55 e). Gewöhnlich unterscheiden sie sich von den übrigen Oberhautzellen schon durch einen verschiedenen Inhalt, da sie im Gegensatz zu den anderen Chlorophyll- und Stärkemehlkörner enthalten. Selten bleibt die Oberhaut der Schließzellen nach der Spalte zu ganz gleichmäßig; in der Regel verdickt sie sich einseitig, und zwar an der oberen wie an der unteren Seite und springt gegen den Spaltraum höckerartig vor (Figur 55 a und d), während sie zwischeninne dünn bleibt (Figur 55 zwischen b und c). Durch diese Vorsprünge wird von der Spalte oben und unten ein napf- oder trichterförmiger größerer oder kleinerer Raum abgegrenzt, den man als Vorhof bez. Hinterhof bezeichnet. Die von außen in den Vorhof führende Spalte heißt dann Vorhofspalte, während die aus dem Hinterhofe in die Atemhöhle mündende als Hinterhofspalte bezeichnet wird. Die betreffenden Verdickungen sind stets cuticularisiert.



Figur 55. Querschnitt durch die Spaltöffnung vom Quendel (Thymus Serpyllum) S die Spalte, A H Atemhöhle. (n. B.)

Spaltöffnungen finden sich, wie schon anfangs angedeutet, außer an den Wurzeln, an allen Organen oberirdischer Pflanzen. Sie treten von den Moosen ab nicht bloß an den Laubblättern und grünen Achsenteilen auf, sondern finden sich auch an den Samenlappen, an den Kronenblättern, Staubgefäßen (Filamenten wie Antheren) und Pistillen (Fruchtknoten wie Narbe). Selbst an untergetauchten Blättern und unterirdischen Stengelgebilden (sogenannten Rhizomen) fehlen sie nicht gänzlich.

Die Größe der Spaltöffnungen, und zwar die des eigentlichen Spaltes, ist sehr verschieden. Die Länge schwankt zwischen 0,01 und 0,084 Mm., die Breite zwischen 0,006 und 0,079 Mm., so daß also die Spaltöffnungen mancher Pflanzen mehr als achtmal länger und dreizehnmal breiter, als die anderer Pflanzen sind. Gewöhnlich haben fleischige, saftreiche Blätter die größten, lederartige die kleinsten Spaltöffnungen. In der Regel sind sie stets um so kleiner, je zahlreicher sie sind.

An den Laubblättern ist ihre Zahl überraschend groß. Junge Blätter vom Ölbaum haben z. B. auf dem Raume eines Quadratmillimeters 1072, ältere 625, Blätter der Wallnuß 299. Nach Prof. Weiß soll das häufigste Verhältnis sein, daß ihrer bis 200 auf einem Quadratmillimeter Blattfläche

sich befinden. Auf ein Blatt mittlerer Größe kommen z. B. vom Spitzahorn (Acer platanoides) 2,127000, von der weißen Seerose (Nymphaea alba) 7,650000, vom Gemüsekohl (Brassica oleracea) 11,540000, von der Victoria regia 1055,000000. Diese großen Zahlen machen es begreiflich, welche beträchtliche Arbeit die Blätter zu leisten, welche kolossalen Wassermassen sie zu verdunsten imstande sind.

Die Anordnung der Spaltöffnungen ist entweder eine lineare; sie stehen dann in parallelen Reihen, wie bei den Gräsern, Cypergräsern ꝛc.; oder sie ist eine gruppenweise; sie besetzen in diesem Falle gewisse Oberhautteile ziemlich dicht, während sie an anderen fehlen; oder aber sie ist eine unregelmäßige, wie bei den meisten Laub- und Blumenkronenblättern der Dikotylen. An Achsenteilen sind sie fast ausnahmslos mehr oder weniger linearförmig angeordnet, und ihr Längsdurchmesser liegt stets in der Richtung jener. An Blättern sind oft beide Flächen von ihnen bedeckt. Treten sie nur an einer auf, ists stets die untere. Bei schwimmenden Blättern finden sie sich regelmäßig nur auf der obern.

Durch später eintretendes Wachstum der Schließzellen oder der angrenzenden Oberhautzellen können die ersteren, die in der Regel wohl mit der Oberhaut in einer Ebene liegen, auch unter dieselbe hinab oder über dieselbe hinaus gedrängt werden.

Die beiden den Spalt unmittelbar umgebenden Zellen führen den Namen Schließzellen mit vollem Rechte, denn sie sind imstande, den Spalt zu erweitern und zu verengern oder selbst ganz zu verschließen. Inwiefern das ihnen möglich ist, hat man allerdings bis jetzt noch nicht völlig klargestellt. An unverletzten Blättern schließen die betreffenden Zellen, sobald sie unter Wasser gebracht werden, den Spalt sofort; derselbe erweitert sich aber wieder, wenn die Nachbarzellen durchschnitten werden. Einen großen Einfluß hat ferner das Licht, das sie weit öffnet, ebenso mäßiges Erwärmen.

Die Entstehung der Spaltöffnungen findet stets in der Weise statt, daß sich eine junge Oberhautzelle teilt und mit ihren beiden Hälften die beiden den Spalt umgebenden Schließzellen bildet. So übereinstimmend nun aber auch dieser letzte Vorgang in der Bildung der Spaltöffnungen bei wohl sämtlichen Pflanzen ist, so verschieden sind doch die ihn vorbereitenden Vorgänge. Auf die einfachste Weise entstehen die besprochenen Öffnungen bei der Hyazinthe. Hier wird aus einer Oberhautzelle durch Scheidewandbildung ein würfelförmiges Stück herausgeschnitten, und dieses wird zur Mutterzelle der beiden Schließzellen. In einem anderen Falle treten in einer Oberhautzelle (die man Urmutterzelle der Schließzellen nennen könnte) nach verschiedenen Richtungen, aber stets senkrecht zur Oberfläche Zellwände auf, die eine Zellgruppe hervorrufen, aus deren Mitte eine Zelle durch Teilung und nachträgliche Spaltung der neuentstandenen Zellwand zur Entstehung einer Spaltöffnung Anlaß giebt und zur Mutterzelle von Schließzellen wird. Ferner können sich aber auch an der Bildung des ganzen Spaltöffnungsapparates von Anfang an mehrere Zellen beteiligen, indem nach Anlage der Spaltöffnungs- oder Schließzellenmutterzelle, die durch Teilung einer jungen Oberhautzelle erfolgt, auch Teilungen in den benachbarten Oberhautzellen stattfinden, so daß infolgedessen die ersten von einer Anzahl zu ihr in Beziehung stehender anderer Zellen umgeben wird. Noch möge die Entstehung der Spaltöffnungen bei Wegerichgewächsen, Lichtnelken,

Farnen u. s. w. Erwähnung finden. Hier wird aus einer Oberhautzelle einfach ein Uförmig gebogenes Stück herausgeschnitten, das entweder sofort zur Mutterzelle wird oder aus dem erst Vorbereitungszellen gebildet werden, aus denen schließlich die Spaltöffnungsmutterzelle hervorgeht. Bei den Marchanticen (laubartigen Lebermoosen) endlich entsteht durch mehrfache Zellteilung, anfangs senkrecht zur Oberfläche und nach Auseinanderweichen der Zellen durch parallel derselben vor sich gehende Teilung, ein von 4, 8 oder mehr Zellreihen umfaßter Kanal. Daß die Spaltöffnungen der Verdunstung dienen, ist schon angedeutet worden.

Anhangsweise möge noch der sogenannten Wasserporen gedacht werden. Es sind dies den Spaltöffnungen ähnliche Öffnungen in der Blattoberhaut, die wenigstens zeitweilig mit Wasser erfüllt werden. Von den Luftspalten unterscheiden sie sich durch die Unfähigkeit der Schließzellen, sich selbständig zu erweitern oder zu verengern, ferner durch ihre bedeutendere Größe und durch ihre Lage. Sie befinden sich nämlich stets über den Enden von Gefäßbündeln und treten daher meist nahe dem Blattrande, bez. auf den Zähnen desselben auf. Man unterscheidet solche mit langen und solche mit kurzen Spalten. Erstere zeigen die wassertropfenden Blattspitzen verschiedener Aarongewächse (Aroideen), wie **Calocasia antiquorum, Caladium odorum, esculentum** ꝛc., letztere finden sich an den Blättern verschiedener Fettpflanzen (Crassulaceen).

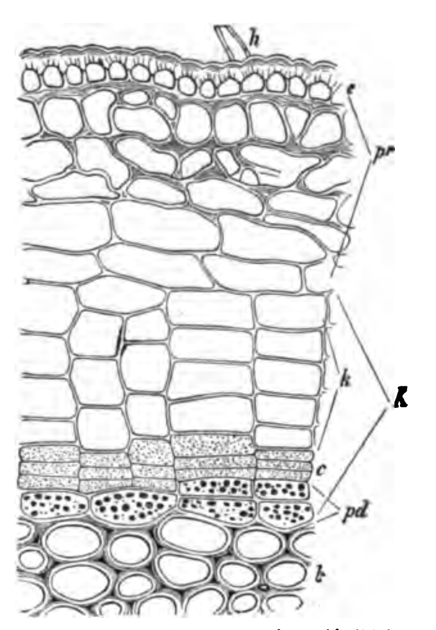
Korkbildungen (Periderm, Borke).

An ausdauernden Pflanzenteilen, wie an Stämmen und Wurzeln wird die Oberhaut später in der Regel zerstört, und es tritt an ihre Stelle eine gegen äußere Einflüsse viel widerstandsfähigere Gewebemasse, der sogenannte Kork. Gleicherweise bildet sich derselbe auch da, wo es gilt, lebendes Parenchym, das durch Verwundung bloßgelegt wurde, gegen die Wundstelle hin abzuschließen, saftige Organe (Kartoffelknollen) zu schützen u. s. w. Man findet ihn nur bei Phanerogamen. Ihren Anfang kann die Korkbildung in der Oberhaut oder in den unter derselben befindlichen Parenchymschichten nehmen. Sie erfolgt in der Weise, daß in den eben erwähnten Gewebeschichten Zweiteilungen parallel der Oberfläche des betreffenden Organes stattfinden. Nur zuweilen, und zwar dann, wenn die Zunahme des Umfanges es fordert, und infolgedessen die Zahl der Zellreihen vermehrt werden muß, treten auch Teilungen senkrecht auf die Oberfläche auf. Von den neuentstandenen Zellen bleibt immer die eine dünnwandig, protoplasmareich und befähigt, eine neue Teilung einzugehen, während die andere die Eigenschaften der Korkzelle annimmt und teilungsunfähig wird.

Gewöhnlich beginnt die Korkbildung erst nur an einzelnen Stellen der Stämme oder Zweige und greift von da immer weiter um sich. Die Folge davon ist die Bildung einer zusammenhängenden Schicht teilungsfähiger, Korkzellen erzeugender Zellen, die der Oberfläche des betreffenden Pflanzenteils parallel liegt. Man hat sie Korkcambium oder Phellogenschicht genannt (Figur 56). Von ihr werden nun dauernd neue Korkschichten nach außen vorgeschoben. Die auf diese Weise entstehende, von innen her stets nachwachsende Korklage selbst heißt Periderm.

Die Ausbildung und Gestalt der Peridermzellen wechselt zuweilen, so daß dickwandige enge und dünnwandige weite einander ablösen. Das Periderm scheint dann geschichtet, ähnlich den Jahrringen des Holzes. Die Wände der Korkzellen gleichen in Bezug auf ihre physikalische Beschaffenheit außerordentlich den Cuticularschichten der Oberhaut; sie sind sehr dehnbar, elastisch und für Luft und Wasser schwer durchdringlich. Meist verlieren sie auch sehr bald ihren Inhalt und füllen sich mit Luft.

Zuweilen entstehen aus dem Phellogen nicht bloß Korkzellen, sondern auch mit Chlorophyll versehene Parenchymzellen, die das grüne Rindengewebe verdicken. Die Teilung erfolgt dann nicht so, daß die untere Phellogenzelle bleibt und die obere verkorkt, sondern daß in der oberen zuvor eine nochmalige Teilung eintritt, während die untere sich mit Chlorophyll und Stärke erfüllt und zur Parenchymdauerzelle wird. Man hat diese untere auch Korkrindenzelle und die aus dergleichen bestehende Schicht Korkrindenschicht oder Phelloderm genannt. Besonders schön läßt sich die Bildung dieser Schicht beim schwarzen Hollunder (Sambucus nigra) verfolgen.



Figur 56. Korkbildung an einem diesjährigen Zweige von der schwarzen Johannisbeere (Ribes nigrum), Querschnitt: e Epidermis, h Haar, b Bastzellen, pr Rindenparenchym, durch das Dickenwachstum des Zweigs verzerrt, K die gesamten Erzeugnisse des Phellogens, k die radial in Reihen geordneten Korkzellen, aus c in centrifugaler Richtung entstanden; pd Phelloderm oder Korkrindenschicht, ebenfalls aus c, aber in centripetaler Richtung entstanden. (Vergr. 500.) (n. S.)

Das Periderm entsteht stets vor der Zerstörung der Oberhaut. Sobald diese verschwindet, ist der neue Schutz schon fix und fertig vorhanden.

Bei lange fortgesetztem Dickenwachstum wird aber auch das Periderm wieder verdrängt und durch die Borke ersetzt.

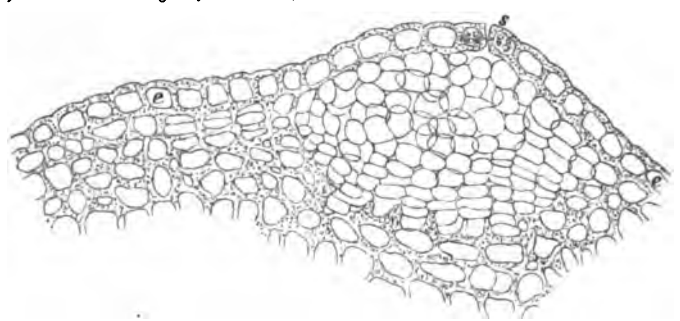
Dieselbe entsteht so, daß sich innerhalb der von innen nach außen wachsenden saftigen Rindengewebe nach und nach in immer tieferen Lagen Korklamellen bilden, die die überliegenden Gewebeschichten vom Saftzufluß abschließen und dadurch zum Vertrocknen bringen, also gewissermaßen aus der Rinde schuppen- oder ringförmige Flächenstücke herausschneiden. Die Borke ist demnach keine bestimmte Gewebeform, sondern kann aus verschiedenen Gewebsbestandteilen zusammengesetzt sein, die zufällig nebeneinander vorkamen und gleichzeitig abgegrenzt wurden. Vom eigentlichen Periderma unterscheidet sie sich besonders dadurch, daß sie fast ausnahmslos Bastzellen einschließt. Die vertrockneten Rindenstücke können natürlich dem Dickenwachstum des Stammes nicht mehr lange folgen, und müssen wegen der in ihnen eintretenden Spannung Längs- oder schiefe Risse bekommen. In rascher Folge entstehen zwischen und unter den fertigen immer neue Borkenmassen. Je nach der

Baumart bleiben sie entweder nur solange aneinander haften, bis sie von der Witterung zerstört werden und abbröckeln (Eiche, alte Kiefer); oder sie blättern teils in wirklichen, größeren Schuppen (Platane), teils in papierdicken, federnden Blättchen (jüngere Kiefer), teils in horizontalen Ringen (Kirschbaum) vom Stamme ab.

Die Korkschichten, welche die Borke abschneiden, sind in der Regel dünn und bestehen nur aus wenig Zellenlagen. Ausnahmsweise werden sie aber auch sehr dick und vielschichtig. Die Neigung der Korkeiche (Quercus Suber), zwischen schmalen Rindenstücken breite Korkzonen zu bilden, hat Anlaß zur Gewinnung des technisch so wertvollen Korkes (aus dem die Stopfen geschnitten werden) gegeben. Sie erfolgt in der Weise, daß am 15jährigen Baum zunächst der ursprünglich und äußerlich gebildete, sogenannte männliche Kork beseitigt wird, worauf dann sehr bald wenige Millimeter unter der Wundfläche rings um den Stamm eine neue Korkbildung beginnt, die nach 10—12 Jahren technisch verwendbaren, sogenannten weiblichen Kork liefert. Der gleiche Prozeß kann mehrmals wiederholt werden, bis der Baum etwa 150 Jahre alt ist. Wird die weibliche Korkschicht sich selbst überlassen, erreicht sie ein unbegrenztes Wachstum; die Korkmasse verliert aber, wenn sie ein bestimmtes Alter überschritten hat, an Wert.

Die Lenticellen.

Gleichwie die echte Oberhaut Unterbrechungen ihres Zusammenhanges zeigt, sogenannte Spaltöffnungen, durch welche sich die im Innern befindlichen Intercellulargänge nach außen öffnen, so machen sich auch an dem durch Korkbildungen veränderten Hautgewebe dergleichen Unterbrechungen bemerklich. Man bezeichnet dieselben als Lenticellen, Korkwarzen,



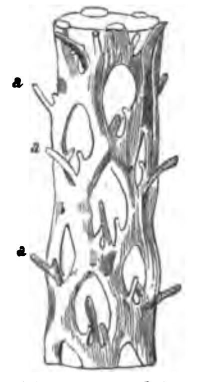
Figur 57. Querschnitt durch eine Lenticelle der Birke (Betula alba). e Epidermis s Spaltöffnungen. (Vergr. 280.) (n. B.)

Rindenporen u. dergl. m. (Figur 57). Dem unbewaffneten Auge erscheinen sie anfangs als kleine rundliche Fleckchen, später als warzenförmige Erhöhungen der Rinde, die eine von der Umgebung abstechende braune Färbung zeigen und sich durch eine mittlere Furche in zwei lippenförmige Wülste teilen. Nur bei wenig Gehölzen hat man die Lenticellen bisher vergeblich gesucht; da wo sie auftreten, finden sie sich am Stamme und seinen Verzweigungen ebensowohl, als an den Wurzeln. Ihrem Baue nach sind sie nach außen und innen erhabene Anschwellungen des Korkgewebes, das aber vor dem

übrigen durch enge luftführende Intercellulargänge ausgezeichnet ist. Durch sie stehen, wie Versuche erwiesen, bei verschiedenen Pflanzen die im Rindengewebe befindlichen Lufträume mit der äußeren umgebenden Luft in Verbindung. Die Lenticellen bilden sich in der Regel unter den Spaltöffnungen und zwar je eine unter einer Spaltöffnung, sobald diese wenig zahlreich sind; bei gruppenweisem Auftreten derselben dagegen je eine unter jeder Gruppe. Sind durch Abwerfen der Borke die ursprünglich gebildeten Lenticellen verloren gegangen, so können sie aber auch unabhängig von Spaltöffnungen an älteren Korkschichten auftreten. Ihre Bildung beginnt mit einer Vergrößerung und darauffolgenden Teilung der unmittelbar unter einer Spaltöffnung gelegenen Parenchymzellen, aus deren Masse farblose Zellen, die sogenannten Füllzellen hervorgehen. Nehmen anfangs an der Hervorbringung derselben mehrere Zellschichten teil, so beschränkt sich dieselbe schließlich nur auf eine einzige, in gleichem Abstande von der Spaltöffnung gelegene; es stellt dieselbe eine Art Phellogen (Seite 61) dar, das nach außen immer neue Füllzellen, nach innen aber Phelloderm (mit Blattgrün erfüllte Parenchymzellen) abscheidet. Auf diese Weise entsteht unter der Spaltöffnung nach und nach eine aus farblosen, abgerundeten und infolge Raummangels zusammengedrückten Zellen gebildete Gewebemasse, die auf die Oberhaut beträchtlich drückt, so daß sich diese immer mehr emporwölbt und schließlich zerreißt. Oft zeigen die einzelnen Zellen der Füllsubstanz nur einen geringen Zusammenhang und bilden eine pulverige Masse, oft sind sie fester vereinigt und bleiben in dauerndem Zusammenhange. Zuweilen gehen sie schnell zu Grunde, zuweilen bestehen sie länger. Im Herbste bilden die Lenticellen statt Füllzellen echte Korkzellen, welche einen Verschluß herbeiführen, der im nächsten Frühjahr, wenn das Lenticellenphellogen zu neuer Thätigkeit erweckt wird, eine Sprengung erfährt. Entsprechend dem Vorwiegen der Spaltöffnungen auf den Blattunterseiten ist das reichlichere Auftreten der Lenticellen auf den Zweigunterseiten.

B. Die Gefäßbündel, Fibrovasalstränge.

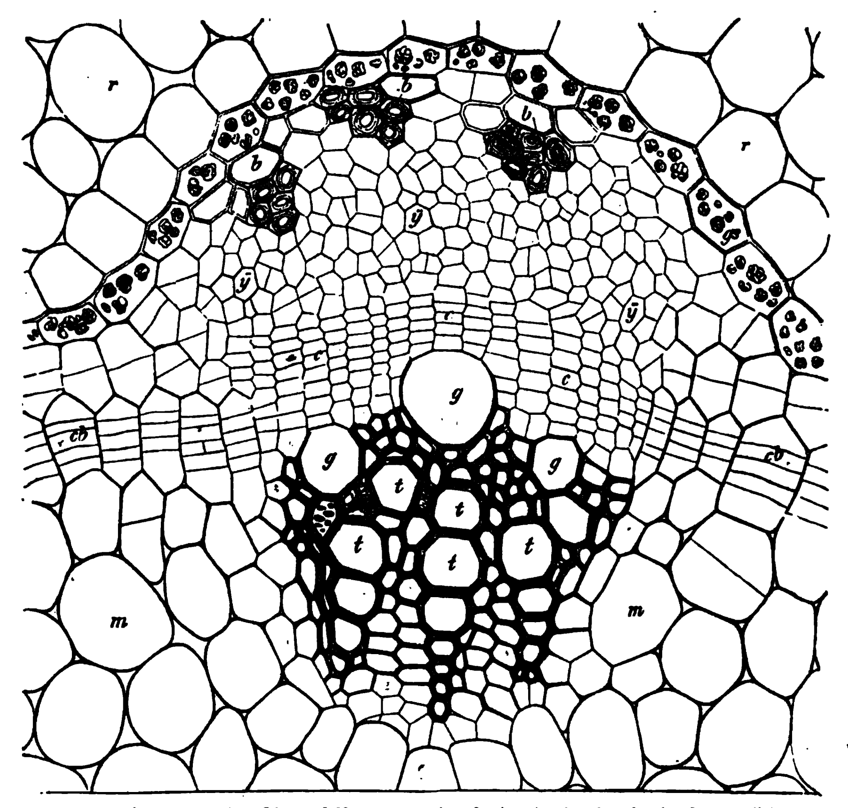
Alle höhern Pflanzen von den Gefäßkryptogamen ab werden von strangförmigen Gewebekörpern durchzogen, welche sich mehr oder weniger scharf von ihrer Umgebung abheben. Vorwiegend bestehen sie aus Gefäßen (Zellfusionen, Seite 42) und gestreckten Zellen, und ihre Längsrichtung liegt der Längsrichtung des Pflanzenteils, den sie bilden helfen, meist parallel. In der Jugend stets durch das weiter unten zu besprechende Grundgewebe getrennt, können sie auch später getrennt verlaufen, oder aber sie vermögen miteinander zu mächtigen Gewebemassen zu verschmelzen. Man hat sie **Gefäßbündel** oder **Fibrovasalstränge** genannt.



Figur 58. Gefäßbündelskelet vom gemeinen Rippenfarn (Blechnum Spicant) a Blattspuren. (n. W.)

In der Regel sind diese strangförmigen Massen von einer bedeutend größern Festigkeit, als das umhüllende Grundgewebe; sie lassen sich deshalb gewöhnlich durch Maceration ziemlich leicht isolieren. An dem bekannten

Wegebreit sind sie vielleicht manchem der verehrten Leser schon aufgefallen. Hier treten sie, wenn man ein Blatt abpflückt oder zerreißt, stets als feste und dicke elastische Fasern aus der Rißstelle hervor; nur bei zarten Wasserpflanzen bleibt ihr Gewebe weich, ja weicher, als das umgebende. Dann kann natürlich von einer Isolierung nicht die Rede sein. Gelingt es, aus einem Stamme oder Blatte durch Fäulnis des Parenchyms, und resp. durch



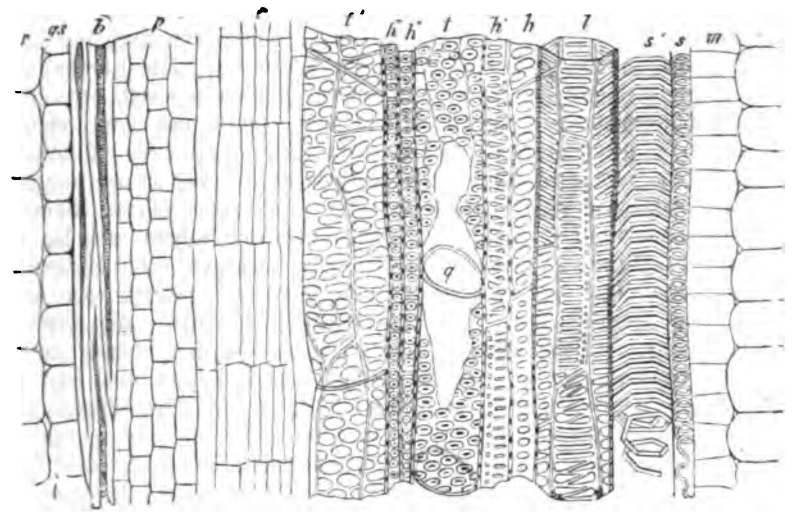
Figur 59. Querschnitt eines Fibrovasalstranges aus dem fertig gestreckten hypokotylen Stammgliede vom Wunderbaume (Ricinus communis). r Parenchym der primären Rinde, m des Markes, beide zum Grundgewebe gehörig, zwischen r und b die einfache Gefäßbündelscheibe gs. Der Fibrovasalstrang selbst besteht aus dem Bastteil b und y, dem Holzteil g und t und dem Cambium cc, das sich in das zwischen diesem und den benachbarten Strängen liegende Grundgewebe als Interfasciculararcambium c b, (das zwischen den Gefäßen liegende) fortsetzt. Im Bastteil sind b Bastfasern, y Weichbast, im Holzteil t enge, g weite getüpfelte Gefäße, dazwischen Prosenchym.

Beseitigung des Hautgewebes die Fibrovasalstränge vollständig freizulegen, so bilden sie ein mehr oder weniger zusamnenhängendes Gerüst, das die Form des Pflanzenteils, dem sie angehören, nachahmt. An einem solchen läßt sich der Verlauf der einzelnen Stränge stets sehr schön beobachten (Figur 58).

Ein vollkommen entwickelter Fibrovasalstrang besteht stets wieder aus verschiedenen Gewebeformen und ist daher mit vollem Rechte als ein selbständiges Gewebesystem aufzufassen (Figur 59).

Die meristematischen Zellen, aus denen der junge Fibrovasalstrang

hervorgeht, sind anfangs ganz gleichartig und ohne Intercellularräume miteinander verbunden; man bezeichnet sie in ihrer Gesamtheit als **Procambium.** Die Umbildung dieser procambialen Zellen in Dauerzellen und zwar in Gefäße oder Bastfasern u. s. w. beginnt stets an einzelnen Punkten des Querschnitts und breitet sich von da weiter aus. Werden nach und nach sämtliche Zellen in einen Dauerzustand übergeführt, so nennt man die Stränge **geschlossene**, bleibt aber eine innere Schicht im fortbildungsfähigen Zustande, so heißen sie **offene.** Die fortbildungsfähige Zellschicht aber ist das **Cambium.** Wenn die strangförmige Procambiummasse in einen geschlossenen Fibrovasalstrang übergegangen ist, kann ein weiteres Wachstum desselben nicht mehr stattfinden; bleibt dagegen (im offenen) eine Zellpartie



Figur 60. Längsschnitt durch einen Fibrovasalstrang vom Wunderbaum (Ricinus communis): r Rindenparenchym, gs Gefäßbündelscheide, m Markparenchym. — b Bastfasern, p Parenchym aus dem Bastteil, c Cambium; die Zellen zwischen c und b bilden sich später in Siebröhren um. Im Holzteil des Stranges bilden sich die Elemente von s anfangend nach und nach bis t' aus; s enges, s' weites Spiralgefäß, l leiterförmig verdicktes Gefäß, Verdickungsleisten teilweise netzartig verbunden; h h' Holzzellen, t Tüpfelgefäß mit (bei q) resorbirter Querwand, h'' h''' Holzzellen, t' junges Tüpfelgefäß, die Tüpfel zeigen nur erst den äußern Hof. (n. S.)

andauernd entwicklungsfähig, so tritt eine stetige Verdickung ein. Ersteres lassen die Gefäßkryptogamen und Monokotylen, letzteres die baumartigen Dikotylen und Koniferen beobachten.

An dem Fibrovasalstrange (Figur 60), er mag geschlossen oder offen sein, läßt das Dauergewebe immer zwei verschiedene Teile erkennen, nämlich den **Bastteil** (Phloëm) und den **Holzteil** (Xylem). Ist Cambium vorhanden, so liegt es zwischen beiden mitten inne. Beide Teile werden wiederum von verschiedenen Gewebeformen gebildet.

Den Hauptteil des Xylems bilden die Holzzellen und Holzgefäße (Tracheiden und Tracheen), welche bereits als lange faserförmige Gebilde, die entweder nur aus einer langgestreckten Zelle oder aus Zellreihen bestehen, beschrieben wurden. Sie haben das Eigentümliche, daß sie da,

wo sie aneinanderliegen, offene Löcher bilden und den Zellinhalt (an dessen Stelle Luft tritt) bald verlieren. Die Verdickungsschichten, die bei ihnen auftreten, stellen schraubige Bänder und Netze dar oder geben Anlaß zur Bildung von gehöften Tüpfeln. Bei den Holzgefäßen, die sich vor den Holzzellen meist durch größere Weite auszeichnen, sind die Scheidewände von den übereinanderliegenden Zellen, aus denen sie entstanden, teils vollständig aufgelöst, teils in Form von großen runden Löchern oder von mehr oder weniger breiten parallelen Spalten durchbrochen. Ersteres geschieht in der Regel, wenn die Querwände horizontal, letzteres, wenn sie schräg gestellt sind. Stehen sie sehr schräg, so scheinen die Gefäße in ihrer Ganzheit unterbrochen und bilden einen steten Übergang zu den bloßen Holzzellen. Neben den trachealen Formen (Holzzellen und Holzgefäßen) treten bei den Dikotylen ferner bastartige Holzfasern (Libriformfasern) auf, von denen man wieder einfache oder gefächerte unterscheidet. Sie sind sehr lang, die längsten Gefäßbildungen im Holzkörper, spindel- bis faserförmig und gewöhnlich mit spärlichen, in linksläufigen Spiralen stehenden Tüpfeln versehen, die entweder auf allen Wänden unbehoft und geschlossen oder behoft und dann offen sind. Während die Vegetation ruht, führen sie gewöhnlich Stärke. Endlich enthält das Xylem auch parenchymatische Zellformen und zwar in um so größerer Zahl, je bedeutendere Dicke dasselbe erreicht. Sie haben dünne Wände, die mit einfachen geschlossenen Tüpfeln versehen sind und führen wie die Libriformfasern im Winter Stärke, enthalten aber zuweilen auch Chlorophyll, Gerbmehl, Kristalle. Ganz ähnlich wird auch der Bastteil der Gefäße gebildet, nur werden hier die Gefäße von Siebröhren, die Libriformfasern von echten Bastfasern vertreten. Dem Holzparenchym entspricht das Bastparenchym, das man, wenn es von engen, langen und sehr dünnwandigen Zellen gebildet wird, auch Cambiform nennt. Im Gegensatz zum echten Bast, der zuweilen ganz fehlt, zuweilen aber auch sehr reichlich vorhanden ist, faßt man Siebröhren und Bastparenchym auch unter dem Namen Weichbast zusammen. Während der Holz-(Xylem-)teil die Neigung zeigt, seine Zellhäute stark zu verdicken (zu verholzen), bleiben die des Bast-(Phloëm-)teils in der Regel zart und dünnwandig.

Von den vorhin besprochenen Zellformen kann mit Ausnahme des Weichbastes im Fibrovasalstrange jede einzelne fehlen oder mangelhaft ausgebildet sein, so die Holzzellen in der dicken Rübenwurzel der Möhre, in der Kartoffelknolle u. s. w.

Die gegenseitige Anordnung der Phloëm- und Xylemschichten anlangend, so ist diese je nach den Organen und je nach der Pflanzenklasse verschieden. Im allgemeinen unterscheidet man bezüglich dieser Anordnung zwei Typen. In dem einen Falle, bei Dikotylen und Nadelhölzern, liegt der Bastteil stets nach der Stammoberfläche, der Holzteil nach dem Stamminnern zu. Bündel mit derartiger Anordnung der betreffenden Schichten heißen kollateral. Ausnahmsweise, wie bei den Kürbisgewächsen, wird der Holzteil auch von zwei Seiten, von außen und innen, von einer Bastschicht begrenzt. Andernfalls bildet der Bastteil rings um den Holzteil eine weiche Scheide, so bei den meisten Gefäßkryptogamen. Hier haben wir es mit konzentrischen Bündeln zu thun.

Die meisten Gefäßbündel, welche im Stengel verlaufen, biegen an

ihrem obern Ende in die Blätter ein, um sich in denselben zu verzweigen und die Nerven zu bilden, und zwar können ein oder mehrere oder auch viele Bündel zugleich in ein Blatt eintreten. Die Gesamtheit der Bündel, die im Stengel verlaufen, um in ein bestimmtes Blatt einzutreten, nennt man die Blattspur und das einzelne Bündel Blattspurstrang. Je nach der Zahl der Bündel ist das Blatt ein- bis vielspurig. Hat der Stengel neben diesen noch andere Gefäßbündel, die nicht in Blätter ausbiegen, so heißen diese stammeigene.

Bei den Dikotylen und Nadelhölzern zeigt ein Querschnitt die Gefäßbündel im Kreise angeordnet, bei den Monokotylen und Gefäßkryptogamen hingegen durch das Grundgewebe zerstreut. In der Wurzel verläuft stets nur ein Fibrovasalstrang, welcher sie als Achsencylinder ihrer ganzen Länge nach durchzieht. Das Dickenwachstum resp. die Verzweigung geht hier von einer einfachen Gewebeschicht aus, die den Achsencylinder unmittelbar umhüllt, dem Pericambium.

Verlaufen die Gefäßbündel oder auch die engzusammengedrängten Gefäßbündelsysteme der Wurzel oder des Stengels einer Pflanze in der Achse, so werden sie stets von einer einfachen Lage parenchymatischer Zellen gegen das umgebende Grundgewebe abgeschlossen. Man hat diese Grenzschicht Schutzscheide oder Endodermis genannt. In einzelnen Fällen und zwar bei verschiedenen Phanerogamen umgiebt eine solche sogar den ganzen gefäßführenden Cylinder (Figur 60 gs). Andererseits wird aber nicht der ganze gefäßführende Cylinder, sondern jedes einzelne Bündel von einer besondern Scheide umgeben, wie in den Stämmen und Wedeln der meisten Farne und einzelner Schachthalme oder in den Blättern und Blattstielen mancher Phanerogamen z. B. in den Blattstielen und Blättern der Primel-Arten, im Stengel der gelben Teichrose (Nuphar luteum).

C. Das Grundgewebe.

Die Gewebemassen, die von einem Pflanzenteile nach Abzug des Hautgewebes und der Fibrovasalstränge noch übrigbleiben, bezeichnet man neuerdings als Grundgewebe. Dasselbe wird teilweise von dünnwandigem, saftigem, teilweise aber auch von dickwandigem Parenchym gebildet. Ja es kann selbst aus sklerenchymatischem oder verholztem Prosenchym bestehen. Wie in den beiden anderen Gewebesystemen können auch im Grundgewebe verschiedene Zell- und Gewebeformen nebeneinander vorkommen. Bei den Zellenkryptogamen bildet es mit dem Oberhautgewebe den ganzen, bei den Gefäßkryptogamen und den Monokotylen wenigstens den größten Teil des Pflanzenkörpers, während es bei den Gymnospermen und den Dikotylen gegen die sich ringförmig aneinander reihenden Gefäßbündel, welche die Hauptmasse der Pflanze ausmachen, bedeutend zurücktritt. In letzterem Falle gewinnt es nur im Mark und in der Rinde eine größere Ausdehnung, welche beide dann durch schmale Parenchymstränge, die die einzelnen Gefäßbündel voneinander scheiden, (sogenannte Markstrahlen), miteinander verbunden werden. An den Wurzeln und an den Stämmen, an denen die Gefäßbündel einen centralen Cylinder darstellen, sowie an den stärkeren Gefäßen der Blattfläche, tritt es als eine Art umhüllender Rindenschicht

auf und bildet sogenannte Strangscheiden oder Vaginalschichten. In den Blättern bildet es ferner die zartwandige chlorophyllreiche Gewebsmasse, innerhalb welcher die feinen Enden der Gefäßbündel verlaufen und welche man gewöhnlich als Mesophyll bezeichnet. Sklerenchymatisch wird das Grundgewebe in den Steinschalen der Pflaume, Kirsche &c. Bei verschiedenen Farnen zeigt es zwei verschiedene Formen nebeneinander, nämlich dünnwandiges, safterfülltes Parenchym und dunkelbraunes, dickwandiges, sklerenchymatisches Prosenchym.

Als wesentliche Bestandteile des Grundgewebes könnte man vielleicht Hypodermschichten, Strangscheiden und Füllgewebe unterscheiden. Von diesen zeigt wohl das Hypoderm die größte Mannigfaltigkeit in seiner Ausbildung, da es bald dünnwandiges, saftreiches Wassergewebe darstellt, bald aus engen, gestreckten, in den Kanten stark mit quellungsfähiger Masse (Kollenchym) verdickten Zellen besteht, bald bastähnliche Fasern bildet. Die Strangscheiden dagegen bestehen in der Regel nur aus dickwandigen, gestreckten, das Füllgewebe endlich aus dünnwandigen, saftreichen, kurzen Zellen. In letzterem trifft man sehr oft auf die Seite 46 erwähnten Idioblasten.

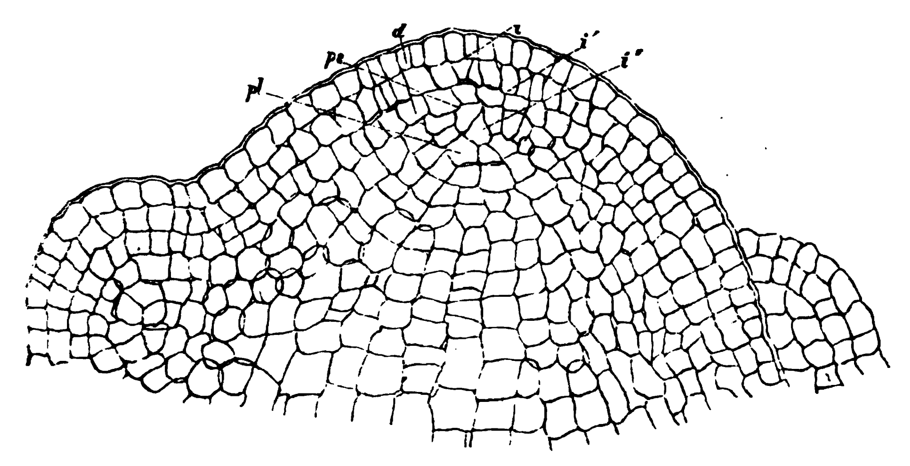
6. Vegetationsspitze und Vegetationsschicht.

Alle die bisher besprochenen pflanzlichen Gewebe bez. Gewebesysteme nehmen ihren Ursprung aus einer Vereinigung gleichwertiger, nach den drei Richtungen des Raumes ziemlich gleichmäßig ausgedehnter, von gleichartigem Protoplasma erfüllter, zartwandiger und ausnehmend teilungsfähiger Zellen, dem **Urmeristem**, welches demnach den **Urzustand** sämtlicher pflanzlicher Gewebe, bez. pflanzlicher Organe darstellt. Während nun an diesem Urmeristem die nach rückwärts gelegenen Zellpartien darnach streben, allmählich sich weiter aus- bez. umzubilden, um schließlich in einen Dauerzustand überzugehen, lassen die am Scheitel gelegenen fort und fort neues Urmeristem entstehen; sie machen den **Vegetationspunkt**, oder (da diese Zellpartie oft als kegelförmige Verlängerung vorgeschoben ist) den **Vegetationskegel** aus. Das Wachstum des Vegetationskegels, bez. die dasselbe vermittelnde Neubildung von Urmeristem erfolgt durch die unmittelbar am Scheitel befindliche Zellgruppe, und zwar lassen sich die sämtlichen Zellen des Urmeristems ihrer Abstammung nach entweder auf eine einzige Urmutterzelle, (bei den meisten Kryptogamen) oder doch



Figur 61. Sproßspitze von Salvinia natans. Die große keilförmige Scheitelzelle teilt sich durch Wände, die abwechselnd parallel nach rechts und links geneigt sind, in aufeinanderfolgende Segmentzellen. (n. Pringsheim.)

wenigstens auf eine Gruppe gleichwertiger Zellen (bei den Phanerogamen) zurückführen. Man redet im ersten Falle von einer Scheitelzelle, im zweiten von einer Scheitelzellgruppe. Bei der Bildung des Urmeristems aus einer Scheitelzelle ist im ganzen der Vorgang ziemlich einfach. Die Scheitelzelle teilt sich in steter Wiederholung derart in ungleiche Tochterzellen, daß die obere von Anfang an der Mutterzelle ähnlich bleibt und infolge nachträglichen Wachstums zur neuen Scheitelzelle wird, während die andere gleich von vornherein als ein von der Scheitelzelle abgeschnittenes scheiben- oder tafelförmiges Stück, als ein Segment erscheint, weswegen sie auch Segmentzelle heißt (Figur 61). Dadurch, daß auch in der Segmentzelle wiederholte Teilungen eintreten, bildet sich ein vielzelliger Gewebekörper, während im anderen Falle, d. h. wenn die Segmentzelle keine weitere Teilung eingeht, nur ein Zellenfaden entsteht. Bei Fortentwicklung des Vegetationspunktes der Phanerogamen wölbt sich eine ganze Zellschicht empor, an welcher



Figur 62. Längsschnitt durch den Vegetationskegel von dem waidblättrigen Löffelkraut (Cochlearia glastifolia). d Dermatogen, pe Periblem, pl Plerom, i i' i" Initialen dieser Gewebe. (n. Hanstein.)

keine Zelle als besondere Scheitelzelle sich erweisen läßt, vielmehr die Teilungen so verlaufen, daß die Annahme einer solchen von vornherein ausgeschlossen bleibt. Dagegen tritt sehr frühe eine Gruppirung der Zellen in Schichten ein, aus denen später die verschiedenen Gewebesysteme hervorgehen. Gewöhnlich nennt man die jüngsten Zellen, von denen aus Schichtenbildung erfolgt, Initialzellen (Figur 62). Die äußerste Schicht, in welcher Teilungen senkrecht zur Oberfläche stattfinden, giebt dem Hautgewebe die Entstehung. Man nennt sie Dermatogen (Hautbildungsgewebe). Aus der zweiten geht das unter der Oberhaut befindliche Rindengewebe hervor. Sie führt den Namen Periblem (Hüllgewebe). Und diese endlich umgiebt einen Gewebskern, der sich in die Fibrovasalstränge und das zwischen denselben befindliche Mark umbildet, das sogenannte Plerom.

Bei den Phanerogamen zeigt das Dermatogen der Wurzelspitze eine eigentümliche Wucherung, durch deren Spaltung in zwei Zellschichten eine

kappenförmige Hülle entsteht, welche die betreffende Spitze als sogenannte Wurzelhaube bedeckt.

Bei einer großen Anzahl Pflanzen, so bei den Gefäßkryptogamen und dem größten Teile der Monokotylen (z. B. den Palmen), schließt mit dem Längenwachstume das Wachstum überhaupt ab. Ein nachträgliches Dickenwachstum findet nicht mehr statt. Jeder Stengelteil, jede Wurzel behält den Umfang, den sie einmal gewonnen haben. Ganz anders ist es bei den Nadelhölzern und den baumartigen Dikotylen, sowie bei den baumartigen Liliengewächsen. Diese sind anfangs schwach und dünn, erreichen aber von Jahr zu Jahr eine immer größere und zuletzt oft eine ganz außerordentliche Dicke (man denke an die gewaltigen Baumriesen, die verschiedene Orte der Erde als Zeugen einer grauen Vorzeit aufzuweisen haben). Dieses Dickenwachstum geht von einer innern Gewebsschicht aus, die, entgegen den übrigen, welche sich in Dauergewebe umwandeln, fortbildungsfähig bleibt und infolgedessen fortgesetzt neue Gewebsschichten hervorbringt, die sich konzentrisch um sie ablagern.

Die Bildungsweise dieser Vegetationsschicht und der aus ihr hervorgehenden Verdickungsschichten erfolgt bei den baumartigen Liliengewächsen in der Weise, daß in dem Parenchym, welches die primären, d. h. die unmittelbar aus dem Urmeristem hervorgegangenen Gefäßbündel rindenartig einschließt, nachträglich wiederum eine Zellteilung und infolgedessen die Bildung eines Folgemeristems (Seite 42) stattfindet, aus dem neue Gefäßbündel mit neuem umhüllenden Parenchym hervorgehen. Die Gefäßbündel selbst können sich nach ihrer Bildung niemals weiter verdicken resp. niemals Anlaß zur Entstehung neuer geben; der Anstoß zur Bildung neuer muß immer wieder von dem Parenchym ausgehen.

Bei den Gymnospermen und Dikotylen liegt das fortbildungsfähige Gewebe im Gefäßbündel selbst und zwar zwischen dem Holz- und Bastteil der Gefäßbündel, beschränkt sich aber nicht immer bloß darauf, sondern umfaßt sehr häufig auch den dazwischen liegenden, die einzelnen Bündel trennenden Teil vom Grundgewebe, so daß es dann einen vollständig geschlossenen Ring darstellt, der aus lauter radial angeordneten Zellreihen besteht, von welchen nun die äußeren den Bastteil, die inneren den Holzteil der Gefäßbündel verstärken und somit in Dauergewebe übergehen, während in der Mitte fortwährend eine teilungsfähige Schicht bestehen bleibt, um dauernd dergleichen Verstärkungsschichten erzeugen zu können.

Diese teilungsfähige Schicht ist das schon im vorigen Abschnitt erwähnte Cambium. Die Bildung neuer Holz- und Bast- resp. Rindenschichten aus dem Cambium setzt sich bei Holzpflanzen in der Vegetationsperiode fort; der Holzkörper und die darüber befindliche Rinde werden daher immer umfänglicher, ersterer jedoch mehr als letztere. Daß die Rindenschicht Anlaß zur Periderm- bez. Borkenbildung giebt, ist schon besprochen (S. 60). Durch den letzteren Vorgang wird gewöhnlich nach und nach die Rinde bis auf die jüngste Schicht zum Absterben gebracht. Der Holzkörper, der nun den weitaus größten Teil der Pflanze ausmacht, zeigt gewöhnlich die in den verschiedenen Vegetationsperioden gebildeten Zuwachsschichten auf einem Stammquerschnitte, als konzentrische Zonen, die man Jahrringe genannt hat, weil in der Regel jedes Jahr eine solche Zone gebildet wird. Diese Zonen-

bildung rührt daher, daß das jedesmal im Frühjahr entstandene Holz lockerer und weitmaschiger ist, als das im Spätsommer entstandene und daß sich an das dichtere engmaschigere Herbstholz das lockerere Frühjahrsholz ganz unvermittelt ansetzt. Die Ursache hiervon liegt wieder in dem mit der Jahreszeit wechselnden Drucke, den die Rinde, besonders aber die Borke auf das Cambium, resp. das junge Holz ausüben. Bei den tropischen Holzpflanzen sind dergleichen Zuwachszonen nicht zu unterscheiden, sobald die betreffenden Pflanzen in ihrem Vaterlande aufwachsen, in dem die langen Unterbrechungen der Vegetation fehlen; die Zuwachszonen treten aber in derselben Weise wie bei unseren einheimischen Holzpflanzen auf, wenn sie in Gegenden verpflanzt werden, wo nasse oder kalte Winter die Regel bilden.

Infolge des Druckes, den bei umfänglicheren Stämmen die äußeren Gewebsschichten auf die inneren ausüben, werden diese nach und nach dichter, und da bei ihnen der Verholzungsprozeß weiter vorgeschritten ist, als bei den äußeren, auch fester. Dazu kommt noch, daß gewöhnlich eine bestimmte Färbung beide voneinander scheidet. Man bezeichnet diese älteren inneren Schichten, die stets eine dunklere und zwar braune, rothe, gelbe, bez. schwarze Färbung zeigen, als Kernholz und nennt die helle, weiche und lockere Hülle den Splint. Nach und nach nimmt das Kernholz an Umfang immer mehr zu, indem die Zellen des anstoßenden Splintholzes sich mit Harzen, Farbstoffen u. dergl. m. durchtränken und auf diese Weise dunkler färben. Sehr auffällig ist der Unterschied zwischen Kernholz und Splint beim Ebenholz, Blauholz, Rothholz. Auch bei unserer Eiche, Ulme, Kirsche tritt er deutlich hervor, kommt aber nicht zum Ausdruck bei Linde, Tanne, Kiefer.

Drittes Kapitel.

Die Pflanze nach ihrer äußeren Gliederung.

---

1. Die Glieder des Pflanzenkörpers im allgemeinen.

Während auf der niedersten Stufe des Pflanzenreichs, bei den einzelligen Organismen, diese eine Zelle alle Lebensvorgänge vermittelt, also Nahrung aufnimmt, wächst und Keime hervorbringt, aus denen gleichartige Wesen hervorgehen, so bilden sich bei den höheren Pflanzen für die erwähnten Verrichtungen besondere Pflanzenteile besonders aus. Wir bezeichnen dieselben im gewöhnlichen Sprachgebrauch als Wurzel, Stamm oder Stengel, Blatt, Blüte, Frucht rc.

Sehen wir allerdings auf die Entstehung der ebengenannten Organe, indem wir ihre jüngsten Entwickelungszustände besonders in Betracht ziehen, so finden wir, daß sie sich, trotz der so verschiedenartigen Lebensverrichtungen, die ihnen obliegen, doch auf wenige einfache Formen zurückführen lassen.

Die dicken, saftigen Schuppen der Zwiebel, die verschiedenen Blütenteile, wie Kelch- und Blumenkronenblätter, Staubgefäße, Fruchtblätter, ferner viele Ranken, die Stacheln rc. stimmen bezüglich ihrer ersten Anlage und Entwickelung vollständig mit den Laubblättern überein, ja verschiedene können unter Umständen in solche übergehen. Sie haben sich also nur für besondere Funktionen besonders ausgebildet und sind infolgedessen als veränderte, umgestaltete, metamorphosierte Blätter anzusehen.

Ähnlich ists mit den Organen, an denen die Blätter als seitliche Anhängsel erscheinen, und die bald als lange, dünne, cylindrische oder prismatische Stengel bez. Stämme, bald als kurze, fleischige Knollen auftreten, bald verholzt und fest, bald wieder weich und fleischig sind, bald selbständig in die Höhe streben, bald wieder anderen Pflanzen sich anlehnen, dieselben umwindend oder an ihnen emporkletternd, ja welche selbst die Form von scharf zugespitzten Dornen oder zum Klettern geeigneten Ranken annehmen können. Alle stimmen darin überein, daß sie an der Spitze fortwachsen und unmittelbar unter derselben Blätter zu bilden vermögen. Man faßt sie daher sämtlich unter dem Namen von Stengel- oder Axengebilden zusammen. Mit demselben Rechte, mit welchem man das Staubgefäß als metamorphosiertes

Blatt bezeichnet, kann man die Knolle einer Kartoffel, die Ranke an der Weinrebe, die langen, spitzen, braunrothen Dornen der Christus-Akazie (Gleditschia triacantha) als metamorphosierte Stengel oder Achsen bezeichnen.

Ähnlich ists mit den Haaren. Hält man an dem Merkmal fest, daß sie nichts anderes als Auswüchse von Oberhautzellen sind, so werden wir nicht bloß Wurzelhaare, nicht bloß die verschiedenen, schon im gewöhnlichen Leben als Haare bezeichneten wolligen Bekleidungen von Stengel- und Blattgebilden dafür ansehen, sondern den Charakter der Haare auch in den mannigfachen schuppenartigen Anhängseln, die uns so oft an den Pflanzen entgegentreten, finden; dann werden wir auch die Spreublättchen der Farne, ja selbst die Sporenfrüchte derselben als solche ansprechen. Alle diese Gebilde sind eben metamorphosierte Haare.

Die geringsten Veränderungen lassen sich noch an den Wurzeln konstatieren, wenn sie auch oft dünn und fädlich, oft wieder dick und knollig erscheinen, oder nicht bloß unter der Erde, sondern selbst über derselben sich entwickeln.

Eine sorgfältige Untersuchung der verschiedensten Organe der Pflanzen, von den Gefäßkryptogamen ab bis zu den höchst ausgebildeten Dikotylen, bezüglich ihrer Entstehung und ersten Entwickelung, zeigt uns also, daß jedes derselben entweder Stamm (Achse oder Caulom), oder Blatt (Phyllom), oder Wurzel, oder Haar (Trichom) ist.

Bei den niederen Pflanzen allerdings lassen sich die eben erwähnten Glieder nicht nachweisen. Schon den Moosen fehlt die echte Wurzel, den Algen, Flechten, Pilzen mangelt sogar das Blatt; höchstens besitzen sie noch haarartige Anhängsel. Infolgedessen ist man nun darin überein gekommen, die pflanzlichen Gebilde, an welchen der Gegensatz von Stengel und Blatt nicht mehr zum Ausdruck kommt, als Lager (Thallus, Thallom) zu bezeichnen. Der laub- oder strauchartige Flechten-, der faden- oder flächenförmige Algenkörper sind Thallome.



Figur 63. Längsschnitt durch die Vegetationsspitze eines Stengels vom Tannenwedel (Hippuris vulgaris). s der Scheitel der Vegetationsspitze, b b die in Quirlen stehenden Blätter, k Achselknospen, die sich als Blüten ausbilden. (n. S.)

Mit Ausnahme der Achse des Keimpflänzchens entstehen alle Glieder der Pflanze seitlich. Jedes Glied ist in der Regel wieder imstande, seitlich neue Glieder zu erzeugen, und zwar entweder mit sich selbst gleichartige, oder von sich selbst verschiedene, aber untereinander gleichartige. So bildet der Stengel hinter seiner Spitze Zweige, die Wurzel Seitenwurzeln. Am Stamme entstehen außer den Zweigen Blätter, Wurzeln, Haare, an den Blättern und Wurzeln Haare.

Von diesen seitlichen Gliedern bildet sich das jüngste der unter sich gleichartigen immer unmittelbar hinter der Vegetationsspitze. Die jüngste

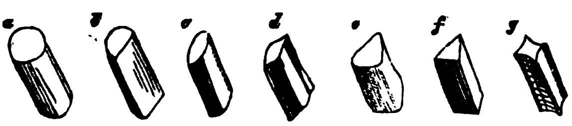
Seitenwurzel befindet sich deshalb stets unmittelbar hinter der Wurzelspitze, das jüngste Blatt unmittelbar hinter der Spitze des Sprosses, aus dem es hervorgeht. Je weiter irgend ein Glied von der Spitze zurücksteht, desto älter muß es im Verhältnis zu den anderen, ihm voranstehenden sein; die räumliche Reihenfolge bedingt zu gleicher Zeit die Entstehungs- bez. Altersfolge. Man bezeichnet dieselbe daher als akropetal. Auf der gleichen Querzone des erzeugenden Gliedes tritt aber nicht immer nur eins, sehr oft treten mehrere seitliche Glieder hervor. Dieselben bilden dann unter sich einen Quirl.

Nicht in allen Fällen ist aber die seitliche Entstehung der Glieder eine akropetale; dieselben können auch in einer Reihenfolge entstehen, die keine Regel erkennen läßt. Derartige Bildungen bezeichnet man dann als adventive. So redet man von adventiven Wurzeln und adventiven Knospen.

2. Die Achsengebilde.

Unter Achsen- oder Stengelgebilden begreift man alle die Pflanzenteile, welche, an der Spitze fortwachsend, seitlich Blätter erzeugen. Niemals tritt die fortwachsende Spitze (der Vegetationskegel) nackt hervor, vielmehr wird sie stets von den viel rascher an Größe zunehmenden und dicht hintereinander entstehenden Blättern bedeckt. Der Achsenquerschnitt, welchem ein Blatt oder ein Blattquirl ansitzt, heißt, weil er stets mehr oder weniger verdickt ist, Knoten, und das zwischen zwei Knoten befindliche Achsenstück Internodium.

Eine Verzweigung des wachsenden Stengels tritt dann ein, wenn sich an den Seiten desselben neue Vegetationskegel bilden. Dieselben entstehen in der Regel in akropetaler Folge in den Blattachseln, d. h. zwischen der Ansatzstelle eines Blattes und dem Stengel, zuweilen aber auch an beliebigen Stellen älterer Stengelteile. Man nennt dergleichen neu entstandene Vegetationskegel samt den sie umhüllenden jungen Blättern Knospen und bezeichnet die in den Blattachseln entstandenen im Gegensatz zu den am Ende befindlichen und das fortgesetzte Stengelwachstum bewirkenden Terminalknospen als Achselknospen. (Die seitlich an beliebigen Stellen älterer Stengelteile auftretenden Knospen sind die Ende des vorigen Abschnitts erwähnten Adventivknospen.) Müssen diese Knospen zwischen ihrer Entstehung und späteren Umbildung in beblätterte Sprosse einen längeren Ruhezustand durchmachen, so umhüllen sie sich zum Schutze gegen äußere Einwirkungen mit festen, die Wärme schlecht leitenden Schuppen 2c.



Figur 64. a Stielrunder, b halbstielrunder, c zusammengedrückter, d zweischneidiger, e dreiseitiger, f dreieckiger, g vierkantiger Stengel.

Seiner Ausdehnung nach läßt sich der Stengel als Längsgebilde bezeichnen. Die Form desselben ist in der Regel mehr oder weniger cylindrisch oder stielrund, doch kommen Abweichungen davon gar nicht selten vor. Er kann ebenso gut auch zusammengedrückt, zweischneidig, drei-, vier- bis vielseitig oder kantig, ja selbst blattartig auftreten (Figur 64). Ich erinnere in letzterer Beziehung nur

an die blattartigen Zweige mancher Kaktusgewächse, verschiedener Euphorbien, der Stachelmyrte (Figur 65) ꝛc. Häufiger als bei oberirdischen Stengeln treten solche Abweichungen bei unterirdischen auf, indem diese gar nicht selten knollenartige Verdickungen ꝛc. (S. 72) zur Schau tragen.

Wie aus dem eben Bemerkten erhellt, unterscheidet man neben den oberirdischen auch unterirdische Stengel oder Achsen. Dieselben senden nur zu bestimmten Zeiten lange Laubblätter oder Sprosse über die Erde empor, welche aber wieder vergehen und durch andere ersetzt werden. Dieselben dürfen nicht mit Wurzelgebilden verwechselt werden, was allerdings leicht geschehen kann, da sie infolge des Lichtabschlusses dasselbe bleiche Aussehen wie die Wurzeln besitzen und ihre unentwickelten, scheidenartigen Blättchen leicht übersehen werden können. Das Vorhandensein oder Fehlen der letzteren giebt stets die sicherste Auskunft über die Natur eines fraglichen unterirdischen Gebildes. So müssen die Knollen der Kartoffelpflanze als Achsengebilde, und zwar als unterirdische verdickte Stengelausläufer, angesehen werden, da sie Knospen oder Augen, d. h. unentwickelte Nebenachsen besitzen, die von unscheinbaren Blättchen umhüllt werden.



Figur 65. Blattartiger Zweig der Stachelmyrte (Ruscus hypoglossum).

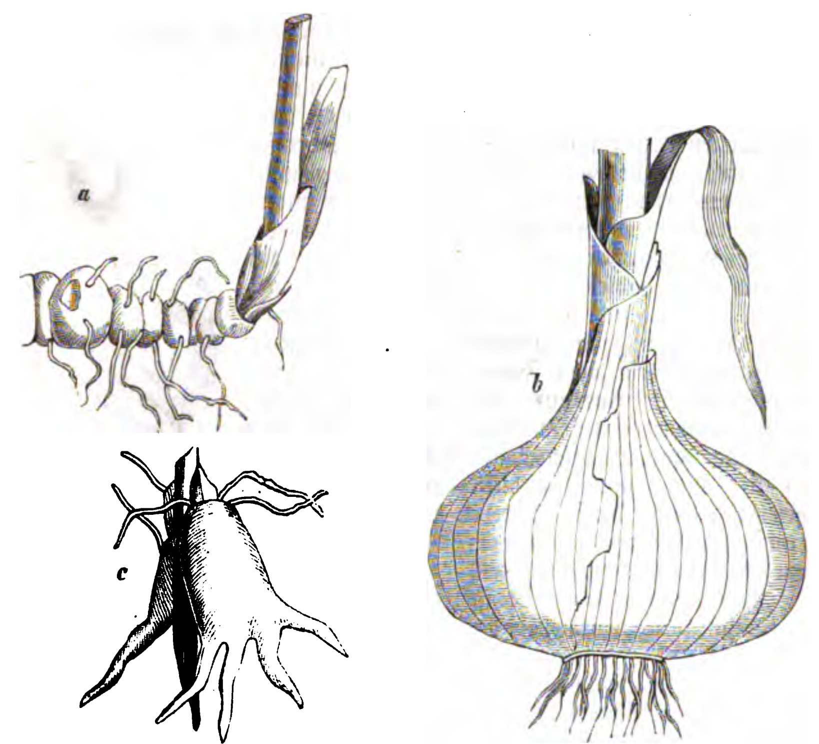
Vom unterirdischen Stengel unterscheiden wir drei verschiedene Formen: das Rhizom, die Knolle, die Zwiebel (Figur 66).

Von diesen zeichnet sich die Knolle dadurch aus, daß die Achse an Masse sehr stark überwiegt und bei kaum merkbarer Blattentwickelung vorzugsweise ein Dickenwachstum zeigt, während bei der Zwiebel dieselbe äußerst flach und fast zur Scheibe zusammengeschrumpft ist, dabei aber von zahlreichen, verhältnismäßig umfänglichen und eng aneinanderschließenden, schuppenförmig entwickelten Blättern (Niederblättern) besetzt ist. Knollen finden wir außer an der Kartoffel an der Georgine (Dahlia variabilis), dem Topinambour (Helianthus tuberosus), der Feigwurz (Ficaria ranunculoides), Zwiebeln bei der Tulpe, Hyazinthe, Lilie ꝛc.

Als Rhizome bezeichnet man endlich die unterirdischen Stämme, welche weder Knollen noch Zwiebeln sind. Dieselben können die verschiedenste Ausbildung erfahren, bald, wie beim Kalmus, durch leichte Einschnürungen gegliedert, bald wieder, wie bei der Braunwurz, durch tiefere Einschnürungen und dazwischen gelegene Auftreibungen knotig, bald, wie bei der Schuppenwurz, durch dichten Besatz mit verkümmerten Blättern schuppig, bald, wie beim Wasserschierling, durch Auftreten von verschiedenen übereinander befindlichen Hohlräumen fächerig, oder, wie beim knolligen Lerchensporn, durch Auftreten eines leeren Raumes hohl, bald, wie beim Alpenveilchen, durch Bildung einer flachen Scheibe kuchenförmig ꝛc. erscheinen. Ihrer Wachstumsrichtung nach sind sie bald kriechend, wie das Rhizom der Quecke, der Anemone, bald schief aufsteigend, wie das der Primel.

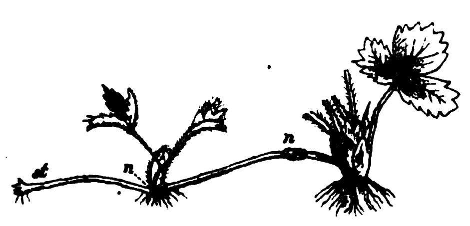
Vom unterirdischen Stamme wachsen zuweilen lange Seitensprosse

dicht unter oder dicht über der Erde hin, um in einiger Entfernung von der Mutterpflanze Wurzeln zu schlagen. Es sind dies die Ausläufer oder



Figur 66. a Stück vom Rhizom der vielblumigen Maiblume (Convallaria multiflora). b Zwiebel der Sommerzwiebel (Allium Cepa). c Handförmige Knollen des gefleckten Knabenkrautes (Orchis maculata).

Stolonen (Figur 67). Dieselben werden sehr oft zu einem geeigneten Mittel zur Vermehrung der Pflanzen. Die Erdbeere vermehrt man z. B. fast nur auf diese Weise.



Figur 67. st Ausläufer (stolo) der Erdbeere (Fragaria vesca) mit Niederblättern n. Aus der Achsel eines solchen geht eine neue Pflanze hervor.

Während der unterirdische Stamm nur unvollkommen entwickelte Blätter, sogenannte Niederblätter, treibt, bringt der oberirdische normale Laubblätter hervor. Je nach seiner Beschaffenheit und Dauer nennen wir ihn Stamm, wenn er durchweg holzig ist und ein andauerndes Dickenwachstum zeigt. Die Seitensprosse bezeichnet man dann als Äste bez. Zweige. Beginnt die Verzweigung erst in bedeutenderer Höhe über der Erde, so nennen wir den Stamm Baum, fängt sie dagegen unmittelbar über derselben an, Strauch. Bei einer besonderen Art von Sträuchern verholzen nur die im

Frühjahr zuerst entwickelten stärkeren Äste, während die jüngeren krautig bleiben. Es sind dies die sogenannten Halbsträucher, zu denen z. B. Besenheide, Heidelbeere, Preißelsbeere 2c. gehören.

An den Achsenteilen des Stammes befinden sich zwischen den Blättern stets längere oder kürzere Internodien. Beim Strunk oder Stock sind dieselben aber ganz unentwickelt, obwohl er auch ausdauernd und holzig ist. Die Blätter stehen infolgedessen dicht übereinander und bilden, da die unteren immer absterben und nur eine einzige Endknospe vorhanden ist, also die Verzweigung mangelt, auch nur eine einzige, dicht gedrängte, endständige Rosette. Beispiele dafür sind die Palmen, Dracänen, Cycadeen, Baumfarne.

Saftig-fleischige Achsen bezeichnet man als Krautstengel. Sie sind gewöhnlich mehr oder weniger dicht mit Blättern besetzt. Blühen sie bereits im ersten Jahr und sterben sie dann mit der Wurzel ab, nennt man sie einjährig, blühen sie dagegen erst im zweiten oder in einem späteren Jahre, heißen sie zwei- bez. vieljährig, gehen sie endlich jedes Jahr von neuem aus einer dauernden unterirdischen Achse hervor, treiben sie also jedes Jahr neue oberirdische Stengel, so heißen sie ausdauernd oder perennierend. Gewächse mit ausdauernden unterirdischen Stengeln bezeichnet man gewöhnlich als Stauden.

Einfache, knotige und in der Regel von schmalen, linealischen Blättern scheidig umgebene Stengel nennt man Halme. Teils sind bei ihnen die Internodien hohl (bei echten Gräsern), teils markig (bei Riedgräsern). Stengel endlich, welche außer den sogenannten Wurzelblättern, die sie am Grunde rosettenartig umschließen, blattlos sind und an ihrer Spitze Blüten tragen, nennt man Schafte.

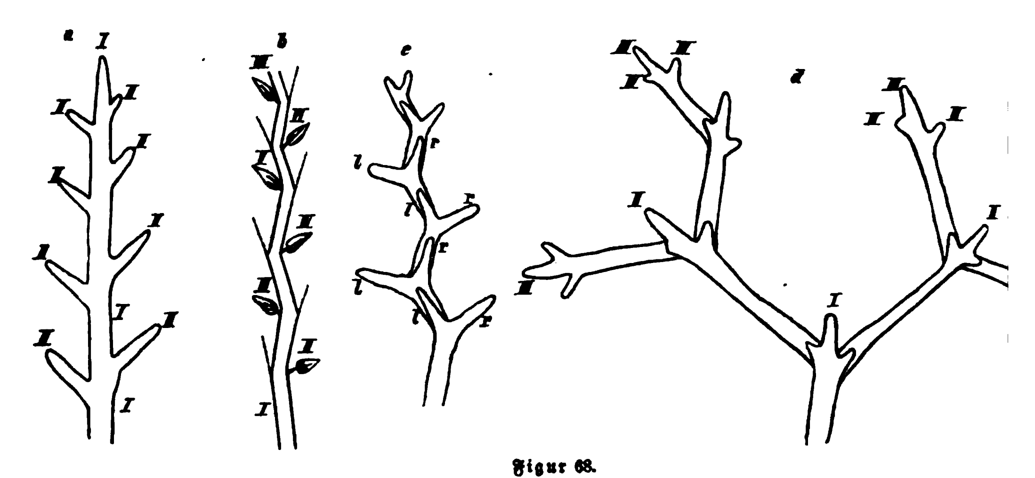
Die Architektonik des Pflanzenstengels wird durch verschiedene Umstände bedingt. Vor allem geschieht dies durch das Vorhandensein oder Fehlen seitlicher Verzweigungen. Auch die Anordnung und das größere oder geringere Entwickelungsvermögen derselben spielen dabei eine große Rolle. Welche außerordentliche Unterschiede bietet in dieser Beziehung nicht der Vergleich zwischen einer Palme, einer Tanne und einer Linde?

In seltenen Fällen ist die Verzweigung eine selbständige, wie z. B. bei manchen Farnen und Bärlappgewächsen, wo die Stengelspitze sich einfach gabelt. In allen anderen Fällen wird sie von der Blattstellung bedingt, da jeder Seitenzweig aus dem mittleren Teile einer Blattachsel hervorgeht. Was das Entwickelungsvermögen betrifft, so kommt es zuweilen vor, daß das nachträgliche Längenwachstum der seitlichen Verzweigungen sehr wenig ausgiebig ist, und infolgedessen die Blätter unmittelbar hintereinander sitzen bleiben. Dergleichen seitliche Stengelglieder nennt man gestauchte. Sehr häufig beobachtet man das bei den Rhizomen. Die Seitenzweige, welche die wagerechte oder schief aufsteigende unterirdische Achse, das Rhizom, treibt, entwickeln gewöhnlich unmittelbar hintereinander eine größere Anzahl von Blättern, die aber auch später unmittelbar hintereinander sitzen bleiben, da die Internodien sich nicht verlängern, wodurch eine dicht an der Erde befindliche Blattrosette gebildet wird. Eine solche zeigt der Löwenzahn (Taraxacum officinale), der Wegerich (Plantago major), das Primel (Primula elatior) 2c. Dergleichen gestauchte Sprosse oder Seitenzweige finden sich aber auch an höheren Pflanzen. So sind z. B. die verholzten, mit Nadelbüscheln besetzten

Zweigstümpfe, welche sich bei der Lärche (Larix europaea), Ceder (Cedrus libanensis) ꝛc. an Zweigen mit langgestreckten Internodien entwickeln, nichts anderes als gestauchte Sprosse. Man nennt dergleichen gestauchte, mit Blattbüscheln versehene Sprosse auch Kurztriebe. Ergreift bei diesen die Verholzung auch den Vegetationspunkt, so daß derselbe hart und stechend wird, so erscheinen sie nach dem im Herbste eintretenden Blattfalle als Dornen, wie man z. B. bei dem Schwarzdorn (Prunus spinosa) oder dem Feuerdorn (Crataegus Pyracantha) bemerken kann.

Die dem Stengel entsprossenden Seitenachsen können sehr verschiedener Ordnung sein. Zweige, die unmittelbar aus der Hauptachse hervorgehen, sind Seitenachsen erster Ordnung; an ihnen unmittelbar bilden sich solche zweiter Ordnung; an diesen wieder solche dritter Ordnung ꝛc.

Am gewöhnlichsten verzweigen sich die Pflanzenstengel so, daß an den Seiten der Hauptachse, und zwar aus ihren Achselknospen, im Vergleich zu ihr dünnere, aber unter sich ziemlich gleich starke Seitenachsen hervorwachsen,



Figur 68.

die bezüglich der Richtung von der Hauptachse mehr oder weniger abstehen. Man bezeichnet diese Art der Verzweigung als die monopodiale (Figur 68a). Wird dagegen das Endstück der Hauptachse durch einen kräftigen Seitenzweig herabgelenkt, so daß der letztere als Fortsetzung der Hauptachse erscheint, und wiederholt sich dieser Vorgang in der Weise, daß dieser Seitenzweig durch einen andern abermals abgelenkt wird u. s. w., so entsteht eine aus verschiedenen Verzweigungsgraden zusammengesetzte Scheinachse (Sympodium), und man nennt die Verzweigung sympodial (Figur 68b). Zuweilen nimmt auch ein Seitenzweig die Stärke der Hauptachse an und drängt dieselbe so weit von der ursprünglichen Richtung ab, daß er mit ihr zu derselben in gleichem Winkel steht; dann erscheint die Verzweigung gabelig oder dichotom (Figur 68c). Es ist dies aber die unechte Gabelung, da die echte, die bei den Phanerogamen nicht vorkommt, auf einer Teilung des Vegetationspunktes in zwei beruht. Unechte Gabelung kann aber auch noch dadurch zustande kommen, daß die Endknospe verkümmert und an ihre Stelle zwei

kräftig weiterwachsende Seitenknospen treten. Auf erstere Art entsteht die unechte Gabelung vieler Nelkengewächse, auf letztere die der schmarotzenden Mistel (Viscum album). Entwickelt sich endlich mit und neben den beiden kräftigen Seitenachsen auch die Hauptachse weiter, so wird die Verzweigung dreiteilig oder trichotom. Diese beobachtet man sehr häufig an verschiedenen Kardengewächsen (Dipsaceen) z. B. der Ackerscabiosa (Knautia arvensis). Die größte Ausdehnung gewinnt der Stengel bei den Holzgewächsen; bei krautartigen bleibt er meist dünn und niedrig. Eine Ausnahme von den letzteren machen nur die Pisanggewächse der tropischen Gegenden, die — obwohl Kräuter — doch die Höhe unserer Bäume erreichen.

Zahlreiche Beispiele von der riesenhaften Entwickelung mancher Holzgewächse bieten uns die verschiedensten botanischen bez. Gartenzeitschriften, Reisebeschreibungen u. dgl. Ich gestatte mir nur einige wenige Beispiele davon vorzuführen. Von den Monokotyledonen sind die Palmen mehr lang und schlank, als umfangreich. So entwickelt sich die von Alexander von Humboldt entdeckte Wachspalme (Ceroxylon andicola) bei verhältnißmäßig geringem Durchmesser bis zu einer Höhe von 60 Meter, während viele Klettenpalmen, wie die Calamusarten des heißen Asiens, denen das so vielfach verwendete sogenannte spanische Rohr entstammt, sogar bis 200 Meter lang werden. Von der Regel, daß die Monokotyledonen wohl bedeutend in die Länge wachsen, aber eine verhältnißmäßig geringe Dicke erreichen, machen die zu den Liliengewächsen gehörigen Dracänen eine Ausnahme. Der riesige Drachenbaum (Dracaena Draco), den der ebenerwähnte berühmte Naturforscher und Reisende Humboldt auf der Insel Teneriffa auffand und genauer beschrieb, hatte, als er ihn im Juni 1799 sah, ca. ²/₃ Meter über der Wurzel 15 Meter, 10 Meter höher noch 12 Meter im Umfange; die Höhe überhaupt betrug 21 Meter. Sein Alter schätzte man auf 4—6000 Jahre. Leider existiert dieser gewaltige Zeuge einer langen Vergangenheit nicht mehr. Gewaltige Stürme haben ihn, nachdem er schon vorher gespalten, dann des größten Teils seiner Baumkrone beraubt worden war, im Herbste 1867 fast vollständig vom Erdboden hinweggefegt.

Ähnlich den Palmen zeigen eine im Verhältnis zur Dicke sehr bedeutende Längsentwickelung viele Nadelhölzer. In den Alpen sind Lärchen von 50—60 Meter Höhe bei 1—2 Meter Stammdurchmesser nichts Seltenes, die Norfolktanne Australiens (Araucaria excelsa) erreicht bei 3—4 Meter Stammdurchmesser über 70 Meter Höhe. Doch ist das durchaus nicht die Regel. Der berühmte Baum von Oaxaca, eine amerikanische Cypresse (Taxodium distichum), hat einen Stammumfang von 117 Fuß 10 Zoll par., bei nur 120 Fuß Stammhöhe. Von noch riesigeren Gestalten unter den Nadelhölzern brachte uns 1850 der englische Reisende Cobb Kunde. Er hatte in der Grafschaft Calaveros in Kalifornien, auf dem westlichen Abhange des Sierra-Nevada-Gebirges gelegen, einen Hain (seit jener Zeit Mammuthain genannt) entdeckt, der im Umkreise einer Meile in Gruppen von je zwei bis drei 80—90 Baumriesen barg, wie man sie bisher noch nicht gesehen hatte. Es waren Wellingtonien (Wellingtonia gigantea). Die größte derselben lag am Boden; sie maß über der Wurzel 35 Meter im Umfang und war 150 Meter lang. In das ausgebrannte Innere konnte man wie in einem hohen gewölbten Gange 60 Meter weit vordringen und dann zu einem Astknoten wieder

herausstiegen. Seit jener Zeit sind nun die Bäume, die oft von Touristen besucht wurden (man legte eine Fahrstraße bis in ihre Nähe an und errichtete unweit derselben ein Gasthaus), genauer gemessen und zur besseren Orientierung mit besonders charakteristischen Namen belegt worden. So begegnet man auf der Wanderung vom Gasthaus nach dem Mammuthaine zuerst der „Bergmannshütte“, einer Wellingtonie von 145 Meter Höhe und 29 Meter Umfang oder ca. 10 Meter Durchmesser. Dann kommen die „drei Grazien“, die, aus einer Wurzel entsprossen, eine herrliche Gruppe von 105 Meter Höhe und 115 Meter Stammumfang oder ziemlich 36 Meter Durchmesser bilden. Mit tief zerrissener Rinde aber ruppigem und struppigem Astwerk steht einsam und verlassen der „alte Hagestolz“ von 160 Meter Höhe und ca. 30 Meter Stammumfang. Ihm folgt die „Mutter des Waldes“, 135 Meter hoch, 35 Meter im Umfang. Neben dieser liegt mit ausgerissenen Wurzeln der schon oben beschriebene Baum, der „Vater des Waldes“. Erwähnenswert sind noch die „siamesischen Zwillinge mit ihrem Vormund“, von denen die ersteren aus einem Stamme entspringen, 14 Meter über dem Boden sich trennen und dann gemeinschaftlich noch bis zu einer Höhe von 120 Meter anstreben, während sie von letzterem noch um beinahe 30 Meter überragt werden; ferner die „Reitbahn“, in deren hohlen Stamm man 38 Meter weit hineinreiten kann; die durch besonders schönen Wuchs und ausnehmend glatte Rinde ausgezeichnete „Waldbraut“. An Stammumfang, wenn auch nicht an Höhe, vor allem aber an weit massigerem Ast- und Blattwerk, werden diese Riesen noch vom Affenbrotbaume oder Boabab (Adansonia digitata) übertroffen, der im westlichen Afrika, an den Ufern des Senegal, sein über alle Maßen gewaltiges Blätterdach ausbreitet.

Manche von diesen Stämmen gelangen zu so gewaltiger Ausdehnung in verhältnißmäßig kürzerer Zeit. So können die oben genannten Wellingtonien, deren weiches Holz auch bei den ausgewachsenen Stämmen aus sehr breiten Jahrringen besteht, kaum ein höheres Alter als 1500 Jahre beanspruchen, während das des Taxus, dessen Dicke nur die ersten hundert Jahre eine pariser Linie jährlich, später jedoch weniger zunimmt, 3000 Jahre überschreitet. Die Eiben (Taxus baccata), die auf dem Kirchhofe zu Braburn in Kent und zu Fotheringhall in Schottland stehen, haben dieses Alter sicherlich erreicht. Zu den stärksten Eiben Deutschlands gehört die in Somsdorf, unweit Tharand, deren Alter, bei etwas über 4 Meter Stammumfang, auf 800 bis 900 Jahre geschätzt wird. Noch langsamer als die Eiben wachsen die Cypressen, diese Hauptzierden der Haine Südeuropas. Zu den berühmtesten gehören die auf dem Berge Athos im Klosterhofe von Haja-Leona, die nach Professor Griesebach etwas über ein Meter über dem Boden 4—5 Meter Umfang und ein mehr als tausendjähriges Alter haben soll, da sie nach ziemlich verbürgten Nachrichten im Jahre 859 bei Erbauung des Klosters gepflanzt worden sei. Doch schreibt man der Cypresse von Somma in der Lombardei, um derentwillen Napoleon, damit sie erhalten bleibe, die Simplonstraße einen Umweg nehmen ließ, ein noch höheres Alter zu. Auch unsere Eichen, Buchen und besonders Linden erreichen ein ziemlich hohes Alter und dabei ansehnliche Dimensionen.

Einen Gegensatz zu diesen riesenhaften Erscheinungen bilden die in der Nähe des ewigen Schnees, also auf hohen Bergen oder in den Polargegenden vegetierenden Holzgewächse; sie bleiben niedrig und krüppelhaft.

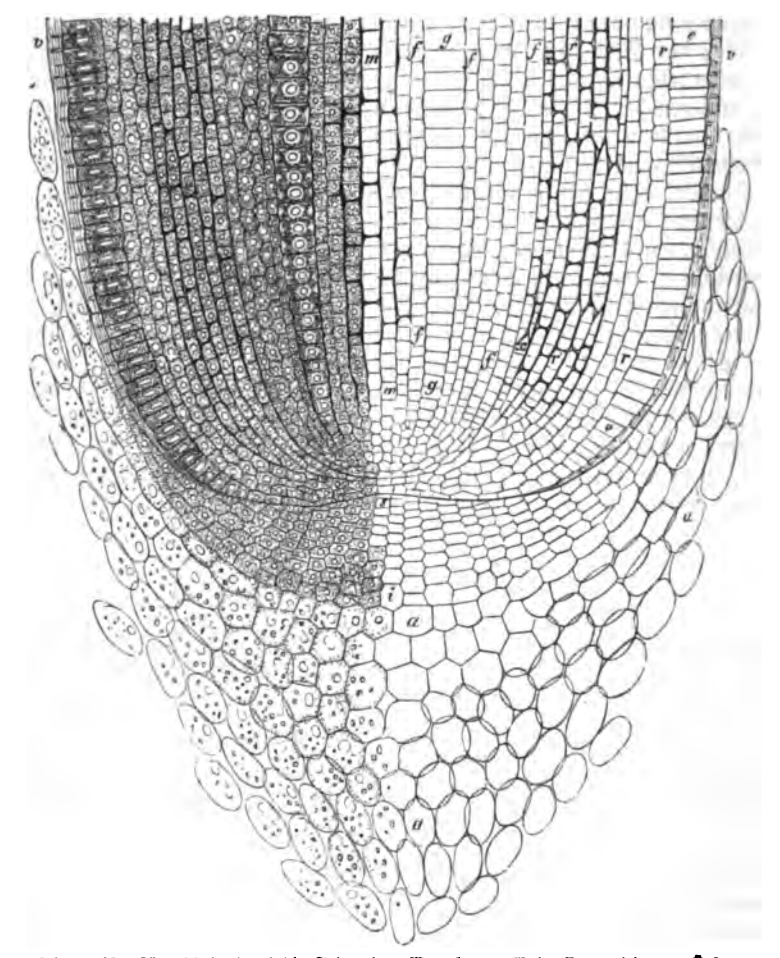
Nicht immer hat der Pflanzenstengel die normale, himmelanstrebende Richtung; oft ist er zu schwach, seine eigene Last und die Last seines Laubes zugleich zu tragen. Er liegt dann am Boden hingestreckt, wie z. B. der kriechende Gilbweiderich (Lysimachia nummularia), das niederliegende Hartheu (Hypericum humifusum) u. a. m. Günstiger sind diejenigen Pflanzen daran, welche trotz der Schwäche ihres Stengels noch die Fähigkeit besitzen, sich vom Boden zu erheben und ihre Blätter dem Lichte entgegen zu bringen. Es sind das die, bei welchen der Stengel sich um aufrechte Stützen herumwindet, indem er, dicht an dieselben angeschmiegt, in einer Schraubenlinie emporwächst. Das bekannteste Beispiel dafür ist unsere Gartenbohne, die wir bezüglich der Wahl ihrer Stützen nicht sich selbst überlassen, sondern der wir dieselben eigenhändig bieten. Ähnlich ists mit den von uns zur Zierde angebauten violett- oder blausamtenen Ipomäen, ferner mit dem unser Bier würzenden Hopfen. Wir bezeichnen dergleichen Pflanzen als Schlinggewächse und schreiben ihnen einen windenden Stengel zu. Die gleiche Bedeutung wie der windende hat der kletternde Stengel, der sich nicht durch Umschlingungen des eigenen Körpers an der Stütze festhält, sondern, um allmählich empor zu steigen, besondere Organe entwickelt: entweder besondere Teile der Achse zu diesem Zwecke umbildet, wie der Weinstock, der besondere Zweige in Stengelranken umwandelt, oder aber anders geartete seitliche Glieder dazu verwendet, als Wurzeln (Epheu), Blätter (Kapuzinerkresse), Haare und Stacheln (Klebkraut [Galium Aparine], Kletterrosen).

3. Die Wurzelgebilde.

Festgehalten in der Erde und mit Nahrung versorgt wird der Stamm durch die Wurzeln.

Unter der Bezeichnung Wurzeln begreifen wir aber nicht alle unterirdischen Pflanzenteile, sondern nur diejenigen, welche, wie die Zweige am Stengel, aus den inneren Gewebsschichten der Hauptwurzel oder des Stengels hervorgehen, aber der Blätter ermangeln und ihren Vegetationspunkt mit einer Wurzelmütze oder Wurzelhaube bedeckt halten. Im Gegensatze zu ihnen sind, wie schon erwähnt, die unterirdischen Stengel stets mit mehr oder weniger rudimentären Blättern (Schuppen, Scheiden u. dergl.) versehen und entbehren auch die ebenerwähnte Haube oder Mütze. Die Wurzelhaube ist eine eigentümliche kappenförmige Hülle, welche die Wurzelspitze rings umgiebt und am Scheitel mit derselben verwachsen ist. Hier erfolgt nämlich ihre fortwährende Neubildung — bei den Kryptogamen, indem gewisse, durch Teilung der Scheitelzelle entstandene Zellen nach außen hin abgeschieden werden, bei Phanerogamen durch Wucherung der den jugendlichen Scheitel überziehenden Epidermis (des Dermatogen, S. 69). In demselben Maße wie die äußersten Zellen der Wurzelhaube abgestoßen werden, treten am Scheitel wieder neue hinzu (Figur 69s). Die Hauptverrichtung der Wurzel, die Aufsaugung von Nahrung, erfolgt hauptsächlich mittelst der Wurzelhaare, einfacher, schlauchförmiger Ausstülpungen der Wurzeloberhaut, mit denen die Wurzel ein Stück oberhalb der wachsenden Region ziemlich dicht bekleidet ist.

Diejenige Wurzel, welche am jungen Keimpflänzchen, und zwar am hinteren Ende desselben gebildet wird, und deren Wachstumsrichtung der des Stengels genau entgegengesetzt ist, nennt man Haupt- oder Pfahl-

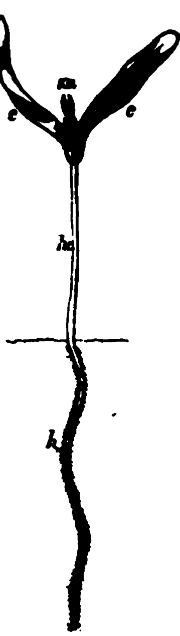


Figur 69. Längsschnitt durch die Spitze einer Wurzel vom Mais (Zea mais). a a Äußerer, älterer Teil der Wurzelhaube, i i innerer, jüngerer, s Scheitel, m g f Plerom, m wird zu Mark, g zu Gefäßen, h zu Holz, x r Rinde, e e Epidermis, v verdickte Außenwände derselben. (n. S.)

wurzel (Figur 70). Dabei ist aber die Hauptwurzel nicht etwa die unmittelbare Verlängerung des hinteren Endes der Keimachse. Sie entsteht, wie sorgfältige Untersuchungen ergaben, vielmehr stets seitlich von derselben. Trotzdem geht allermeist die Außenfläche der aus dem Keim hervorgesproßten Hauptwurzel stetig in den Stengel und zwar in den Teil (das Internodium) der jungen Keimpflanze über, welcher das erste Blatt oder den ersten Blattwirtel (die Kotyledonen) (Figur 70c) trägt, das sogenannte hypokotyle Stengelglied.

In der Regel ist die Gewebsschicht, welche im Embryo das Wurzelende deckt, sehr dünn. Zuweilen wird das Wurzelende aber von einem verhältnismäßig umfänglichen Gewebekörper überlagert, der nach der bei der Keimung erfolgenden Durchbrechung die Wurzel manschettenartig umgiebt. Es ist dies die sogenannte Wurzelscheide (Coleorhiza), der wir bei Gräsern, Laucharten und Mistelgewächsen begegnen (Figur 71).

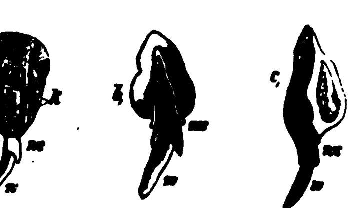
Im Gegensatz zur Hauptwurzel bezeichnet man alle seitlich aus derselben hervorgehenden Wurzelgebilde als Neben- bez. Seitenwurzeln. Der Bildungsherd derselben ist die Außenseite des die Wurzel durchziehenden Achsencylinders. An der Mutterwurzel sind die Seitenwurzeln anfangs in Längsreihen angeordnet; später wird jedoch diese Regelmäßigkeit dadurch gestört, daß zwischen ihnen zahlreiche Adventivwurzeln auftreten.



Figur 70. Keimpflanze vom Bergahorn (Acer Pseudo-Platanus). h Hauptwurzel, hc hypokotyles Stengelglied, c Kotyledonen, kn Gipfelknospe.

Der Habitus der Wurzeln wird hauptsächlich durch das Verhältnis bedingt, in welchem bei ihnen das Längenwachstum zum Dickenwachstum steht. Manche bleiben dünn und fädlich, andere schwellen knollenförmig an. Bei einzelnen Pflanzen verdickt sich die Hauptwurzel fleischig und wird rüben- oder möhrenförmig, oder aber sie verholzt samt ihren Verzweigungen, und es entsteht ein Wurzelastwerk, das dem des Stammes in keiner Weise nachsteht. Durch dasselbe scheint übrigens der Stamm später allmählich emporgehoben zu werden. An älteren Bäumen kann man wenigstens sehr oft beobachten, daß die älteren Seitenwurzeln bloßliegen, ohne daß eine irgend einmal eingetretene Abspülung des Erdreichs vorauszusetzen wäre.

Neben den Hauptwurzeln und den an ihnen erscheinenden Seitenwurzeln verschiedener Ordnung giebt es nun aber weiter Wurzeln, die seitlich aus dem Stengel oder wohl selbst aus Blättern entspringen. Reinke hat dieselben ganz bezeichnend Beiwurzeln genannt. An den Pflanzen, die sie regelmäßig zeigen, treten sie am Stengel, wie die Seitenwurzeln an der Hauptwurzel, in akropetaler Reihenfolge auf, d. h. die jüngsten stehen immer der Stengelspitze am nächsten; doch wird auch hier die Reihenfolge durch adventive Beiwurzeln häufig unterbrochen.



Figur 71. Keimendes Maiskorn (Zea mais): a vom Endosperm umhüllt, b Endosperm beseitigt, von vorn gesehen, c desgleichen von der Seite, e Endosperm, k Kotylebo, w Wurzel, ws Wurzelscheide. (n. S.)

Sie entspringen an der Außenseite eines Gefäßbündels, bez. Gefäßbündelringes. Nur ausnahmsweise entstehen sie auch in alten, durch Fäulnis hohl gewordenen Stämmen aus der Innenfläche des noch vegetierenden Mantels, so z. B. in alten Weidenstämmen. Stengel, die deutliche Knoten haben, entwickeln sie nur an diesen; andernfalls sind sie über das ganze Internodium zerstreut. Bei niederliegenden oder am Boden hinkriechenden Rhizomen findet man sie nur an der Unterseite.

Eine besondere Art von Beiwurzeln sind die Luftwurzeln. Dieselben entwickeln sich an oberirdischen Stämmen und bleiben entweder kurz und dick oder erreichen eine sehr ansehnliche Länge. Im ersten Falle haben sie den Zweck, die Pflanzen an in der Nähe befindliche feste Gegenstände anzuheften. So haftet mit denselben der Epheu an Mauern, Bäumen u. dergl. Die längeren Luftwurzeln hängen gewöhnlich frei in die Luft hinab. Zahlreich treten sie besonders an tropischen Orchideen und Aroideen auf, für die sie wahrscheinlich den Wasserdampf der Luft verdichten, um ihnen auf diese Weise die zum Vegetieren nötige Wassermenge zuzuführen. Die größeren Pflanzen unserer Heimat entbehren solcher Luftwurzeln vollständig, aber in der heißen Zone sind sie sehr häufig. Hier kommen sie gar nicht selten auch an Holzgewächsen vor. Ich nenne von diesen nur die Rhizophora-Arten und die Banyanen. Erstere bilden an sumpfigen Küsten tropischer Gegenden, die in solchem Grade unter der Herrschaft des Meeres stehen, daß sie entweder beständig bedeckt oder im Wechsel der Gezeiten regelmäßig überschwemmt werden, die sogenannten Mangrove-Wälder, Gruppen von stattlichen, 20—30 Meter hohen Bäumen, die aber nicht massiv aus dem Boden hervorkommen, deren Stämme vielmehr erst in einer Höhe von 3—5 Metern beginnen, und die von Stamm und Zweigen zahlreiche saftige, etwa 3 Cm. dicke Wurzeln herabsenden, welche sich an ihren Enden gabelig oder mehrfach teilen. Auch die Banyanen stellen stattliche Bäume dar, die, sobald sie eine bestimmte Größe erlangt haben, an den Ästen Luftwurzeln bilden, welche sich schnell entwickeln und in der Luft wie Stricke hin- und herschaukeln, bis sie den Erdboden erreicht haben, worauf sie in demselben festwachsen und bald einen derartigen Durchmesser erreichen, daß sie als Stützen der Äste erscheinen. Bei einer Palme, der **Iriartea ferox**, wachsen die Luftwurzeln gerade empor, bleiben aber dabei kurz und spitzen sich zu, so daß sie die Stelle von Dornen einnehmen, in welchem Falle diese Dornen natürlich als metamorphosierte Wurzeln anzusehen sind.

Auf der Bildung von Beiwurzeln beruht vor allem die künstliche Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge, welche unsere Gärtner so häufig bei solchen Pflanzen anwenden, die in den Gewächshäusern keinen Samen hervorbringen, oder deren Anzucht aus Samen zu lange Zeit in Anspruch nehmen würde. Zweigabschnitte verschiedener Holzpflanzen bilden nämlich in Wasser, feuchten Sand oder auch in feuchte Erde gebracht, unter günstigen Temperaturverhältnissen an der Schnittwunde einen sogenannten Callus, d. i. eine parenchymatische Wucherung des Bildungsgewebes (Cambiums), in dem Beiwurzeln entstehen. Dieselbe Erscheinung zeigt sich sogar an den Blättern einzelner Pflanzen, sobald sie an den Rippen eingeschnitten werden, z. B. bei den Begonien, Gloxinien 2c. In letzterem Falle entsteht mit den Wurzeln zugleich ein Laubsproß.

Aus Wurzeln brechen übrigens ziemlich oft auch adventive Laubsprosse hervor; seltener dagegen ist die unmittelbare Umwandlung der Wurzeln in Stengelgebilde, in welchem Falle die Wurzelhaube verschwindet und am Scheitel seitliche Blattanlagen zum Vorschein kommen. Doch sieht man bei **Neottia nidus avis** im Herbste ziemlich häufig, daß einzelne der zahlreichen Adventivwurzeln, mit denen der kriechende unterirdische Stamm dieser Orchidee dicht besetzt ist, aus ihrer Spitze beblätterte Achsen entwickeln, die sich später

durch Absterben des hinteren Teils der Wurzel von der Mutterpflanze lösen und selbständig weitervegetieren.

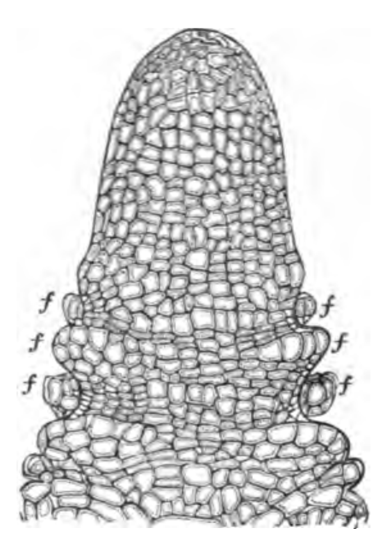
Noch möchte ich der sogenannten Saugwurzeln oder Haustorien gedenken, welche viele Schmarotzer in das Gewebe ihrer Nährpflanze einsenken. Sie vertreten die Stelle der eigentlichen Wurzeln, sind ihnen aber wegen des Fehlens der Wurzelhaube wohl kaum zuzurechnen. Bei den schmarotzenden Hahnenkamm- und Santelgewächsen (**Rhinanthaceae, Santalaceae**) stellen sie dem Wirt fest angeschmiegte Warzen dar, aus deren Mitte ein cylindrischer oder platter Zapfen, der Saugfortsatz, in das Gewebe des Wirtes eindringt. Bei der Mistel hingegen sind sie mehrfach verzweigte, keilförmige, in den Holzkörper des Wirtes eindringende Fortsätze, die aber später aufs innigste mit dem eben erwähnten Holzkörper verwachsen.

4. Die Blattgebilde.

Die große Mannigfaltigkeit, welche der Pflanzenwelt innewohnt, wird nicht zum geringsten Teile durch die Blätter hervorgerufen, die in streng akropetaler Folge (also von unten nach oben) seitlich am Stengel entstehen.

Sie entspringen als kleine Höcker (Figur 72) aus den äußeren Zellschichten des Vegetationskegels (siehe Seite 68).

Da sie im Anfange rascher wachsen, als der Stengelabschnitt, an dem sie auftreten, bilden sie, wie schon früher bemerkt, eine den Vegetationspunkt umhüllende Knospe. Nur in den seltensten Fällen (eine Ausnahme machen verschiedene Farnkräuter, z. B. die windenden Blätter von Lygodium) ist ihr Spitzenwachstum ein unbegrenztes. Die Blätter der Phanerogamen wachsen im Jugendzustande durch Einschiebung neuer Zellen auf der ganzen Fläche (intercalares Wachstum). Später erlischt aber dieses Wachstum allmählich und zwar in der Richtung von der Blattspitze nach dem Blattgrunde zu. Während also in der früheren Jugend das Wachstum an der Spitze am lebhaftesten und stärksten ist, beschränkt sich dasselbe später nur auf eine wenig umfängliche Region an der Basis, dauert dort aber mitunter ziemlich lange an. Eine der gewöhnlichsten Erscheinungen ist, daß der dem Anheftungspunkte am nächsten stehende Teil des Blattes sich nur wenig, der entgegengesetzt liegende dagegen sehr beträchtlich in die Breite entwickelt; auf diese Weise bildet das Blatt einen platten, breiten Endteil (die Blattfläche, Blattspreite) und einen schmalen,



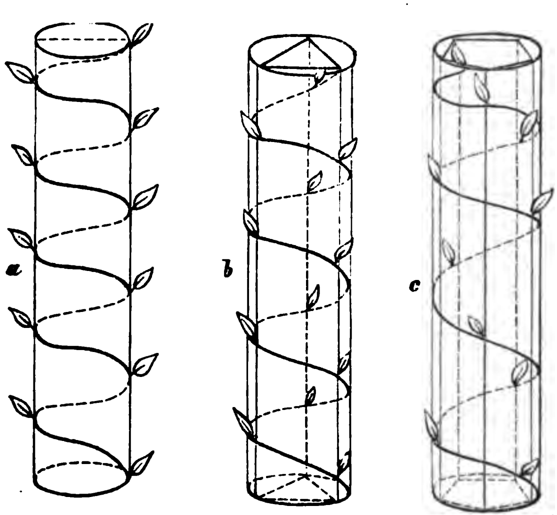
Figur 72. Vegetationskegel von der Wasserpest (Elodea canadensis); f Blattfänge. (n. Kny.)

diesen tragenden Teil (Blattstiel) aus. Der Blattstiel bildet sich immer später als die Blattfläche aus.

Nicht bloß das Wachstum, auch die Lebensdauer der Blätter ist eine begrenzte und von kürzerer Dauer, als die des Stammes. Die große Mehrzahl der Gewächse Mittel-Europas hat nur sommergrüne Blätter, d. h. die Blätter welken Ende des Sommers und werden dann abgestoßen. Überdauern sie eine Vegetationsperiode, so heißen sie immergrün. Wahrscheinlich erreichen nur die beiden großen Laubblätter (oder eigentlich Samenblätter) der **Welwitschia mirabilis** das gleiche Alter wie der Stamm.

Das in den allermeisten Fällen flächenartig ausgebildete Blatt läßt sich durch eine Ebene (Medianebene), die man durch die Blattspitze und den Anheftungspunkt am Stengel legt, in zwei einander gleiche oder doch mehr oder weniger ähnliche Hälften teilen. Ist die eine Hälfte der anderen gleich, oder vielmehr das Spiegelbild der anderen, so heißt das Blatt symmetrisch. Zur Blattfläche steht die Medianebene gewöhnlich rechtwinkelig. Nur sehr selten kommen Ausnahmen davon vor, wie z. B. bei der Schwertlilie, deren oberer Blatteil in der Richtung der Medianebene selbst liegt.

Die Stellung der Blätter an der sie tragenden Achse kann eine sehr verschiedene sein. Entspringt an einem Stengelknoten nur ein Blatt, so erscheinen die Blätter auf den ersten Blick ziemlich regellos gestellt und heißen zerstreut. Stehen an einem solchen aber je zwei Blätter und zwar so, daß das eine auf der einen, das andere auf der entgegengesetzten Seite Platz nimmt, so nennt man sie gegenständig. Sind die an zwei hintereinander befindlichen Knoten stehenden Blattpaare so angeordnet, daß die Blätter des einen von denen des andern um 90° abstehen, so bezeichnet man die Blattstellung als kreuzständig. Quirlständig endlich ist eine solche, wobei an einem Knoten eine größere Blattzahl (mehr als zwei) befindlich ist. Die zuerst erwähnte zerstreute Blattstellung ist aber ebenfalls keine regellose. Das Blattstellungsgesetz fällt nur hier nicht sofort in die Augen.



Figur 78. a 1/2-, b 1/3-, c 2/5-Stellung.

Befestigt man auf der Einfügungsstelle irgend eines beliebigen Blattes an einem beblätterten Sprosse einen Faden und führt ihn von da zur Einfügungsstelle des nächsthöheren, von da wieder zu der des nächsthöheren Blattes 2c., indem man den Faden überall in gleicher Weise anheftet, so findet man zuvörderst, daß die Blätter in einer Schraubenlinie um den

Stengel herum stehen. Weiter beobachtet man, daß die Abstände der Blätter voneinander sehr verschieden sein können, daß die Blätter trotzdem aber eine bestimmte Zahl gerader Reihen (Orthostichen) am Stengel bilden. Steht das nächste Blatt um 180° vom vorhergehenden ab, so werden am Sproß zwei Blattreihen (Orthostichen) bemerkbar (Figur 73a), und das dritte Blatt steht gerade über dem ersten; es beginnt also mit diesem einen zweiten Umgang. Ist der Abstand dagegen nur 120°, so müssen drei Orthostichen vorhanden sein (Figur 73b), und der zweite Umgang fängt erst mit dem vierten Blatte an; bei 90° giebts vier Orthostichen (Figur 73c), und der zweite Umgang beginnt beim fünften Blatte; bei 72° Abstand sind fünf Orthostichen vorhanden, und der zweite Umgang nimmt mit dem sechsten Blatte seinen Anfang. (Das Letztere kommt aber nur äußerst selten vor.) Bei fünf Orthostichen steht das folgende Blatt in der Regel vom vorhergehenden um 144° oder um $^2/_5$ des Stengelumfanges ab. Die Spirale muß infolgedessen zwei Umgänge machen, ehe sie einen Cyklus vollendet, d. h. ehe sie wieder zu einem Blatte gelangt, das gerade über dem steht, mit dem der Umgang begann. Treten an einem Blatte acht Orthostichen auf, so bilden acht Blätter einen Cyklus, und diesen begegnet man erst nach drei Stengelumgängen 2c.

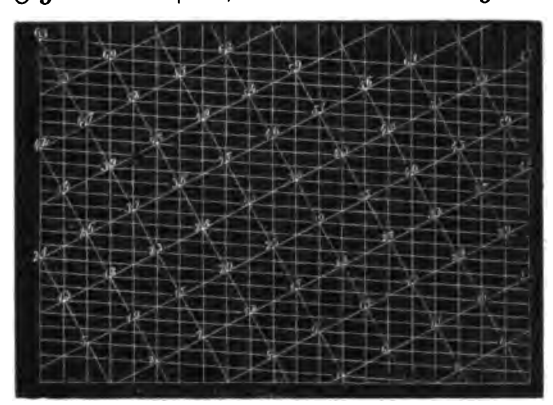
Man bezeichnet die verschiedenen Arten der Blattstellung mit dem Winkel, der den Abstand zweier aufeinanderfolgender Blätter angiebt, also mit dem Divergenzwinkel, drückt sie also durch einen Bruchteil des Stengelumfanges aus. Bei einem Abstand der Blätter um 180° haben wir $^1/_2$ Blattstellung, bei einem solchen von 120° $^1/_3$ Blattstellung, bei dem von 90° $^1/_4$ Blattstellung, bei einem solchen von 72° $^1/_5$ Blattstellung. In den letztgenannten Fällen stehen die Blätter eines Cyklus auf einem Stengelumgange. Verteilen sich die einzelnen Blätter eines fünfblätterigen Cyklus auf zwei Stengelumgänge, so beträgt der Divergenzwinkel zweier aufeinanderfolgenden Blätter, wie schon oben erwähnt, nicht 72°, sondern 144° oder $^2/_5$ des Stengelumfangs; wir bezeichnen dann die betreffende Blattstellung als $^2/_5$-Stellung. Weiter giebts dann eine $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ 2c. Stellung. In allen diesen Fällen giebt der Zähler des Divergenzwinkels zugleich die Zahl der Umgänge, der Nenner die Zahl der auf einem Umgange berührten Blätter an. Figur 73a zeigt die schematische Zeichnung der $^1/_3$-, b die der $^2/_5$-Stellung, c die der $^3/_8$-Stellung. In Figur 74 haben wir einen Tannenzapfen, dessen Schuppen die $^8/_{21}$-Stellung beobachten lassen. Bei dergleichen Zapfen, ebenso wie auch bei den dicht gedrängt



Figur 74. Zapfen von der Tanne (Abies pectinata); $^8/_{21}$-Stellung.

stehenden und zahlreiche Orthostichen zeigenden Blättern des Hauslaubes (Sempervivum tectorum) ist es ziemlich schwer, die Grundspirale aufzufinden. Es fallen aber dann gewöhnlich sofort andere Spiralen ins Auge, welche **Parastichen** genannt werden. Mit Hülfe dieser lassen sich durch einen Kunstgriff leicht der Divergenzwinkel und die Grundspirale ausfindig machen.

Denken wir uns die Schupppen des Tannenzapfens, wie ihn Figur 74 darstellt, in einer Ebene ausgebreitet, so würden sie etwa die Lage zeigen wie die Punkte in Figur 75. An diesen Punkten fallen uns, genau wie an den Schuppen des Zapfens selbst, sofort zwei Parastichen mittlerer Steilheit ganz besonders in die Augen. Von den nach links windenden sind acht, von den nach rechts windenden fünf nebeneinander vorhanden. Bezeichnen wir nun irgend eine Schuppe am Zapfen selbst, oder irgend einen Punkt in Figur 75 mit 1, so muß, da nach rechts fünf Parastichen gehen, die nach rechts seitlich am nächsten stehende Schuppe die Ziffer 6, die übernächste die Ziffer 11 2c. erhalten, während die nächste Schuppe der linksläufigen Spirale, da sich acht solcher Parastichen auf dem Querschnitte befinden, die Ziffer 9, die übernächste 17 erhalten muß. Auf diese Weise kann man die wahre Stellung jeder Schuppe bestimmen. Fahren wir mit der Bezeichnung so fort, müssen wir bald auf eine Schuppe kommen, die gerade über 1 steht. Dies ist hier 22. Befindet sich aber die 22. Schuppe über der 1., so müssen 21 Orthostichen vorhanden sein. Auf diese Weise findet man den Nenner des Bruches. Den Zähler zu finden, darf man nur die beiden Parastichensysteme, wie in Figur 75, auf Papier übertragen, die Blattstellung wie oben beziffern und nun die auf einem Stengelumgange befindlichen nächsten Ziffern, also 1, 2; ferner 3, 4, 5; 6, 7; 8, 9, 10; 11, 12, 13; 14, 15; 16, 17, 18; 19, 20, 21 durch Linien verbinden. Dann hat man den Aufriß des ganzen Stellungsverhältnisses übersichtlich vor sich. Die letztgezogenen Parallellinien bis zu Ziffer 21 geben die Zahl der Umgänge und damit zugleich den Zähler des Bruches.



Figur 75. Schema eines Stellungsverhältnisses nach der Divergenz 8/21.

Die am häufigsten auftretenden Blattstellungen werden durch Bruchreihen bezeichnet, die sich durch fortgesetzte Addition von Zählern und Nennern der Brüche $^1/_2$ und $^1/_3$ ergeben, also: $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$, $^{21}/_{55}$, $^{34}/_{89}$, $^{55}/_{144}$... Doch treten zuweilen auch folgende Reihen auf: $^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_7$, $^3/_{11}$, $^5/_{18}$, $^8/_{29}$, $^{13}/_{47}$, $^{21}/_{76}$ ... oder $^1/_4$, $^1/_5$, $^2/_9$, $^3/_{14}$, $^5/_{23}$, $^8/_{37}$, $^{13}/_{60}$, $^{21}/_{97}$ ....

Die Divergenz von $^1/_2$ zeigen die Blätter der Gräser (Gramineen), der Buche (Fagus silvatica), der Ulme (Ulmus campestris, effusa), der Linde

(Tilia parvifolia, grandifolia), des Zürgelbaumes (Celtis australis), der Rebenarten (Vitis). Die 1/3-Stellung findet sich bei den meisten Ried- und Binsengräsern (Carex, Scirpus); die 2/5-Stellung bei der Eiche (Quercus), Pappel (Populus), falschen Akazie (Robinia), den meisten Rosen (Rosa); die 3/8-Stellung bei dem großen Löwenmaul (Antirrhinum majus), den Kohlarten (Brassica), dem Mauseohr-Habichtskraut (Hieracium pilosella); die 5/13-Stellung bei den Laubblättern verschiedener Arten des Wollkrautes (Verbascum), des Essigbaumes (Rhus typhina), der Hemlocktanne (Pinus [Abies] canadensis); die 8/21-Stellung lassen die Nadeln schmächtiger Zweige und die Schuppen der meisten Zapfen von Tanne und Fichte (Abies pectinata, Picea vulgaris) erkennen.

Die 13/34-Stellung zeigen die Nadeln der kräftigeren Sprosse letztgenannter Koniferen, die Zapfen der Lärchenkiefer (Pinus laricio), die Blüten in den Köpfchen der Rudbeckia laciniata (alte Garten-Zierpflanze). Die 21/55 Stellung lassen die Haupttriebe vieler Fichten und Tannen, die zu bloßen Warzen verkümmerten Seitensprosse vieler Mammillarien (Warzen-Cactus) beobachten.

Die 55/144-Stellung endlich zeigen die Hüllblätter und Blüten kräftiger Blütenstände von der Sonnenrose (Helianthus annuus).

Die 1/4-Stellung der zweiten Reihe tragen die Deckblätter des Blütenstandes mehrerer Restiaceen (Restio erectus, Thamnochortus scariosus), grasartiger Pflanzen, die am Kap oder in der südlich gemäßigten Zone Neuhollands heimisch sind, zur Schau.

Die 2/7-Stellung findet sich bei den Laubblättern des gemeinen Mauerpfeffer (Sedum sexangulare), bei den Hüllblättern des weiblichen Blütenstandes der gemeinen und Blasensegge (Carex vulgaris und vesicaria).

Die 3/11- und 5/18-Stellung lassen nicht selten die Blätter vom Berg-Sedum (Sedum reflexum), sowie die Warzen von der gemeinen Fackeldistel (Opuntia vulgaris) erkennen.

Die 5/18-Stellung zeigen, aber nur ausnahmsweise, die Zapfenschuppen der Fichte (Picea vulgaris).

Noch seltener treten Stellungsverhältnisse aus der dritten Reihe auf.

Die Divergenz 1/5 zeigen Arten von Costus (zu den Gewürzlilien [Scitamineen] gehörige Pflanzen).

Die von 2/9 ist die gewöhnliche der Entstehungsorte der aufeinanderfolgenden Blätter des aufrechten Bärlapp (Lycopodium Selago).

An den vollkommeneren und infolgedessen reicher gegliederten Pflanzen lassen sich, je nach den verschiedenen Gegenden des Stengels, auch verschieden gebildete Blätter (abgesehen von der Blüte) unterscheiden:

A. Die Niederblätter.

An unterirdischen Stammgebilden zumeist, aber auch an solchen, die sich über der Erde befinden, treten die Schuppen- oder Niederblätter auf. Dieselben sind immer sehr einfach gebaut, ohne vorspringende Nerven, enthalten wenig oder gar kein Blattgrün und sitzen der Achse mit breiter Basis an. Ihre Färbung ist bleich, gelblich oder rötlich, oft aber auch

tiefbraun. Die sie bildende Masse erscheint bald fleischig saftig, bald dünnhäutig, bald lederartig zähe. Zu ihnen gehören die Schalen der Zwiebeln, die Schüppchen der Kartoffelknolle, ferner aber auch die harten, braunen Deckschuppen der Knospen &c. Letztere bilden sich vorzugsweise aus, um den darunter angelegten Teilen eines zarten, jungen Sprosses den nötigen Schutz zu gewähren (gegen Insekten durch einen in ihnen enthaltenen Bitterstoff, gegen Winterkälte und Winternässe durch Ausscheidung einer verhältnismäßig dicken Harz- oder Gummischicht als schlechten Wärmeleiter).

Am Stamme der Zapfenpalme (Cycas revoluta), deren Wedel uns den Schmuck für das letzte Heim eines geliebten Todten liefern, wechseln Niederblätter mit den als Wedel bezeichneten großen Laubblättern regelmäßig ab. Den gleichen Wechsel zeigen die Sprosse von der schwarzen Nießwurz, dem Leberblümchen &c. Die seitlichen Sprosse der Rhizome unserer ausdauernden Pflanzen entwickeln in der Regel zuerst Niederblätter und schreiten erst später zur Bildung von Laubblättern fort. Bei manchen den grünen Farbstoff ziemlich oder völlig entbehrenden Pflanzen, z. B. der Schuppenwurz (Lathraea squamaria), der Nestwurz (Neottia nidus avis) u. a. sind die schuppenförmigen Niederblätter überhaupt die einzigen Blätter, welche die Pflanze außer den Blütenteilen hervortreibt. Zum Verschwinden unscheinbar werden sie oft an unterirdischen Knollen, z. B. an der bekannten Kartoffel, indem sie hier nur als feine Querstriche unter den Augen erscheinen.

Den Niederblättern könnte man vielleicht noch die Keimblätter (Samenlappen oder Kotyledonen Figur 70c) anreihen. Es sind dies sehr einfach geformte, stiellose, zarte und dünne oder dicke und fleischige Blattgebilde, welche dem im Samenkorne enthaltenen Keime ansitzen, aber, sobald sich derselbe über den Erdboden erhebt, ergrünen. Die dicken, fleischigen Keimblätter haben insofern für das Leben der betreffenden Pflanzen eine große Bedeutung, als sie in ihrem Innern eine Menge Nahrungsstoff aufgespeichert enthalten, welcher, so lange das junge Pflänzchen noch nicht die Fähigkeit besitzt, selbständig Nahrung aus dem Boden aufzunehmen und zu verarbeiten, die Stoffe zur Weiterentwickelung liefert. Wir sehen infolgedessen ja auch bei der Weiterentwickelung der Keimpflanze die Keimblätter nach und nach immer mehr schwinden, bis sie endlich, wenn die in ihnen enthaltenen Nährstoffe vollständig aufgebraucht sind, zu dünnen Blättchen zusammenschrumpfen, die schließlich abbrechen.

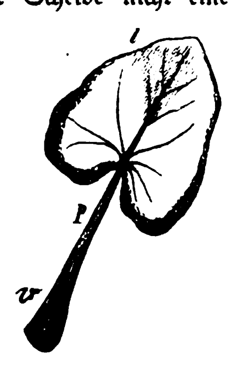
B. Die Laubblätter.

Die Laubblätter zeigen die vollkommenste Ausbildung der seitlichen Gebilde, welche wir Blätter nennen; sie stellen also den Typus der Blattgebilde dar. Als vorzugsweise Träger des Chlorophylls dienen sie in erster Linie der pflanzlichen Ernährung, indem sie den in der Kohlensäure der Luft befindlichen Kohlenstoff mit Hülfe des Lichtes in Pflanzensubstanz umbilden (assimilieren). Immer sind sie daher auf die Ausbreitung am Licht angewiesen, auch dann, wenn sie unterirdischen Stengelteilen entspringen, wie die Wedel des Adlerfarn (Pteris aquilina), der Sabalpalmen (Sabal Adansonii, serrulata etc.) u. a. m. Ausnahmen machen nur die prismatischen Blätter der Sedum-Arten, die röhrigen mancher Lauchgewächse &c. Ist ihre Flächenentwickelung gering, so erscheinen sie in großer Zahl; wird dieselbe jedoch bedeutender, so nimmt

ihre Zahl ab. Man vergleiche z. B. die außerordentliche Zahl der nadelförmigen Blätter unserer Koniferen mit der geringen der Cykadeen (Zapfenpalmen) 2c.

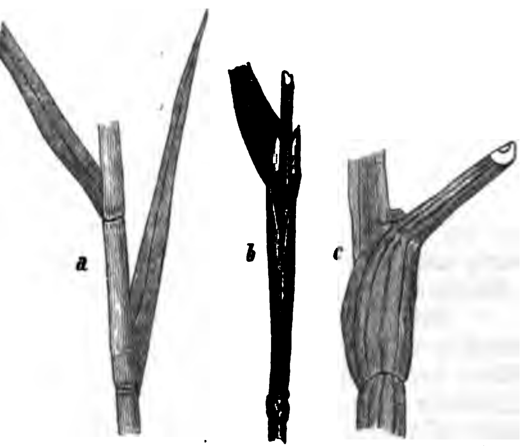
An einem vollkommen ausgebildeten Laubblatte unterscheiden wir drei Teile: die Blattfläche oder Blattspreite, den Blattstiel und die Blattscheide (Figur 76).

Damit soll aber durchaus nicht gesagt werden, daß diese drei Teile immer entwickelt sein müssen. Sehr oft ist von der Scheide nicht eine Spur zu merken, wie z. B. bei den Blättern unserer Apfelbäume, Eichen, Linden 2c.*). Zuweilen ist auch der Stiel vollständig geschwunden und die Blattfläche unmittelbar an den Stengel gerückt, dem sie ohne oder mit Scheide angeheftet sein kann. Ich erinnere an den Gartenmohn, Lein 2c. Ja selbst die Blattfläche kann verkümmern, so daß der Stengel nur Blattstiele aufzuweisen hat, die sich allerdings dann auch flächenartig ausbreiten, aber nicht horizontal, wie die eigentlichen Blattspreiten, sondern vertikal. Letzteres ist der Fall bei vielen neuholländischen Akazien. Die Blattstielnatur der vermeintlichen Blätter zeigt sich hier recht deutlich bei Entwickelung der Keimpflanze, da die ersten Blätter stets eine Spreite zeigen, dieselbe aber bei jedem folgenden Blatte immer mangelhafter zur Ausbildung gelangt, bis sie endlich gar nicht mehr erscheint. Nur zuweilen treten später noch Andeutungen davon auf. Beispiele hierfür sind Acacia tristis, decipiens, armata, heterophylla. Man nennt solche spreitenartig entwickelte Stengel Phyllodien. Eine Sonderung in Stiel und Spreite fehlt den prismatischen, cylindrischen und kegelförmigen Blättern, die beispielsweise bei den Fettkräutern (Crassulaceen) sehr häufig sind.



Figur 76. Blatt vom Feigwarzenhahnenfuß (Ficaria ranunculoides): v Blattscheide (vagina), p Blattstiel (petiolus), l Blattfläche oder Blattspreite (lamina).

Die Blattscheide (Vagina) umfaßt den Stengel entweder nur zu einem Teile ($^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$), oder umgiebt ihn vollständig wie eine Röhre. Im letzteren Falle kann sie vorn gespalten sein (bei den Gräsern, Doldengewächsen), oder geschlossen und ganz auftreten (bei Binsen, Seggen, Knöterichgewächsen) (Figur 77). Die geschlossene sowohl wie die gespaltene Scheide kann wiederum dem Stengel fest anliegen oder ihn bauchig bez. blasig umhüllen (Figur 77c). Steht bei geschlossenen



Figur 77. a Geschlossene Blattscheide von einer Segge (Carex nemorosa), b gespaltene von einem Gras, c bauchige der Engelwurz (Angelica silvestris).

*) In der Knospe sind allerdings hier anstatt der Blattscheide Nebenblätter vorhanden, die aber beim Aufbrechen abfallen.

Scheiden das Blatt nicht am Ende, sondern auf dem Rücken derselben, so heißen dieselben Tuten (Ochreae). In sehr vielen Fällen wandelt sich die Scheide auch blattartig um. Es entstehen dann blattähnliche Gebilde, die ohne Zusammenhang mit der eigentlichen Spreite des Blattes rechts und links dem Grunde des Blattstieles angeheftet erscheinen, sogenannte Nebenblätter (Stipulae).

Die Nebenblätter zeigen alle Stufen der Ausbildung vom einfachen grünen Zipfel ab bis zur vollständigen Ähnlichkeit mit dem grünen Laubblatte (Figur 78). Bei vielen Schmetterlingsblütlern, z. B. beim gehörnten Schotenklee (Lotus corniculatus) sind die beiden Nebenblätter kaum verschieden von den dreizähligen Teilblättchen der Spreite. Ganz unverhältnismäßig groß oder weit mehr gegliedert, als die Spreite selbst, erscheinen sie bei der Erbse bez. beim Stiefmütterchen (Viola tricolor) (Figur 78 b c). Ja



Figur 78. a Blatt von einer Weide (Salix depressa), b Blatt von der Erbse (Pisum sativum), c Blatt vom Stiefmütterchen (Viola tricolor). st Nebenblättchen (stipulae), p Blattstiel (petiolus), k Achselknospe, l Blattfläche (lamina).

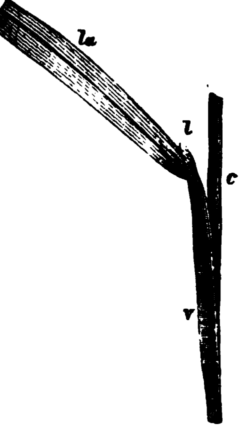
bei der Linsen-Platterbse (Nissolia aphaca) breiten sie sich allein spreitenartig aus, da vom eigentlichen Laubblatt nur ein rankenförmig ausgebildeter Blattstiel vorhanden ist.

Bei den krautartigen Pflanzen haben die Nebenblätter mit den Laubblättern völlig gleiche Dauer, bei den Holzgewächsen fallen sie jedoch in der Regel kurz nach Entfaltung des Laubblattes ab. Obwohl später, als das Laubblatt angelegt, waren sie doch schließlich jenem in der Entwickelung vorangeeilt und hatten in der Knospe, ganz ähnlich wie die Niederblätter, die Rolle von schützenden Knospenschuppen übernommen, und zwar schützten sie, nach dem Rücken zu übergreifend, das eigene Hauptblatt, oder, an der Bauchseite zusammenschließend, das vorstehende jüngere.

Hier möchte ich auch der Ligula oder des Blatthäutchens der Gräser

gedenken (Figur 79). Darunter versteht man einen häutigen Auswuchs an der Innenseite des Blattes, und zwar an der Stelle, wo die Blattspreite sich von der Scheide ablöst. Zur Mediane des Blattes steht sie rechtwinkelig.

Der **Blattstiel** (Petiolus) ist schmal, cylindrisch (stielrund), halbcylindrisch (halbstielrund) oder prismatisch. Setzt sich die Blattspreite als schmaler Saum an beiden Seiten des Blattstiels herab fort, so heißt er geflügelt. Die Stelle, mit welcher er dem Stengel ansitzt, zeigt stets eine mehr oder weniger merkbare Verdickung, ein sogenanntes **Gelenk**. Bei den Holzgewächsen tritt dasselbe kissenartig hervor. In einzelnen Fällen vermag sich an diesen Gelenken der Blattstiel zu bewegen, wie bei der schamhaften Sinnpflanze (Mimosa pudica). Zusammengesetzte Blätter tragen dergleichen Gelenke nicht selten auch noch an der Einfügungsstelle der Teilblättchen. Außer bei den Mimosen ist das z. B. der Fall beim weißen Sauerklee (Oxalis acetosella). Infolgedessen vermögen sich die dreizähligen Blättchen des letzteren im Sonnenschein auszubreiten, während sie im Schatten schlaff herabhängen. Ja von den dreizähligen Teilblättchen des Wandelklees (Desmodium gyrans), eines südasiatischen Halbstrauches, bewegt sich das große Endblättchen mit dem gemeinschaftlichen Blattstiele auf und nieder, je nach der größeren oder geringeren Stärke des einwirkenden Lichtes, während die um vieles kleineren Seitenblättchen sich derartig in schwingende Bewegung versetzen, daß sie, ein jedes mit seiner Spitze, einen Kreis beschreiben.



Figur 79. Stück eines Halmes vom Knäulgras (Dactylis glomerata). c Halm (culmus), v Blattscheide (vagina), l Blatthäutchen (ligula), la Blattfläche (lamina).

Wenn im Herbste, nachdem das Blatt sein Chlorophyll verloren hat und verwelkt ist, sich der Stiel vom Stengel ablöst, so bleibt eine längere Zeit hindurch bemerkbare Narbe zurück. Fehlt der Blattstiel, wie z. B. dem Gartenmohne, dem Sumpfporst, dem Blutweiderich (Lythrum salicaria), so heißt das Blatt **sitzend**, im Gegensatze zum **gestielten**.

In der Regel ist der Blattstiel an der Basis der Blattspreite angewachsen. Ausnahmsweise erfolgt seine Anheftung aber auch in der Mitte der Blattunterseite, und er trägt dann die meist rundliche Blattfläche wie einen Schild. So entsteht das **schildförmige** Blatt (Figur 80a).

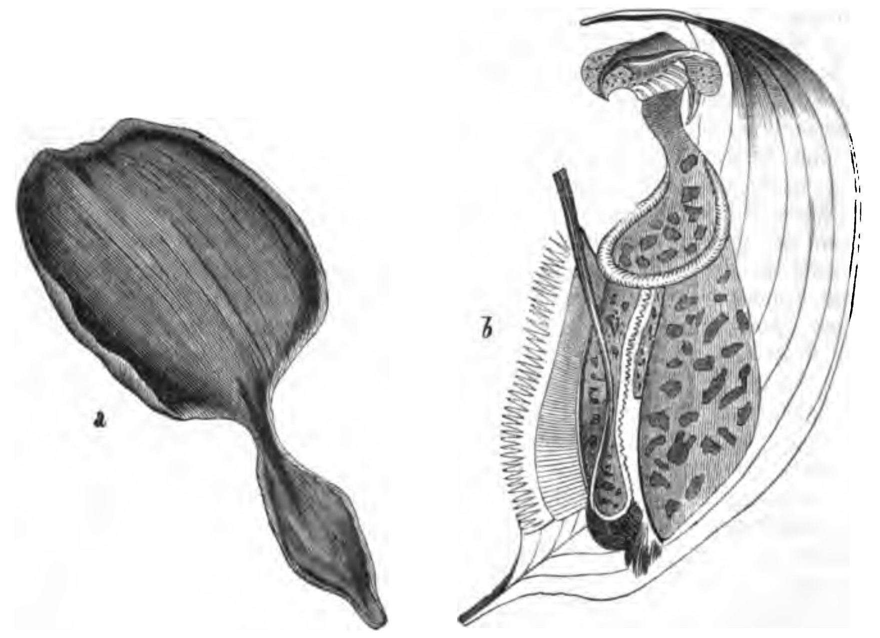
Breitet sich die Blattfläche rings um den Stengel aus und sind die zusammenstoßenden Ränder derselben miteinander verwachsen, so daß es den Anschein gewinnt, als sei der Pflanzenstengel mitten durch das Blatt hindurchgewachsen, so heißt das Blatt **durchwachsen** (Figur 80 b). Umschließt die Blattfläche dagegen bloß den Stengel, ohne daß die Ränder verwachsen, so ists **stengelumfassend** (Figur 80c). Reicht die Blattfläche nicht ganz um denselben, so nennt man es nur **halbstengelumfassend**. Befinden sich endlich die Blattflächen zweier gegenüberstehender sitzender Blätter in ununterbrochenem Zusammenhange, so heißen die Blätter **verwachsen** (Figur 80d). Durchwachsene Blätter zeigen Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus), Wassernabel (Hydrocotyle vulgaris); stengelumfassende: Gartenmohn (Papaver

somniferum), kleine Taubnessel (Lamium amplexicaule); halbstengelumfassende: Ringelblume (Calendula officinalis); verwachsene: Jelängerjelieber (Lonicera caprifolium).



Figur 80. a Schildförmiges Blatt der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus), b durchwachsenes vom Hasenohr (Bupleurum rotundifolium), c stengelumfassendes vom Schlafmohn (Papaver somniferum), d verwachsenes vom Jelängerjelieber (Lonicera caprifolium).

Bei verschiedenen Wasserpflanzen ist der Blattstiel in der Mitte blasig aufgetrieben; er hat dann im Inneren ein großmaschiges, schwammartig lockeres, lufterfülltes Gewebe, welches die Pflanze auf der Wasseroberfläche



Figur 81. a Blatt der Ponteberie (Pontederia crassipes), b des Kannenträgers (Nepenthes Rafflesiana).

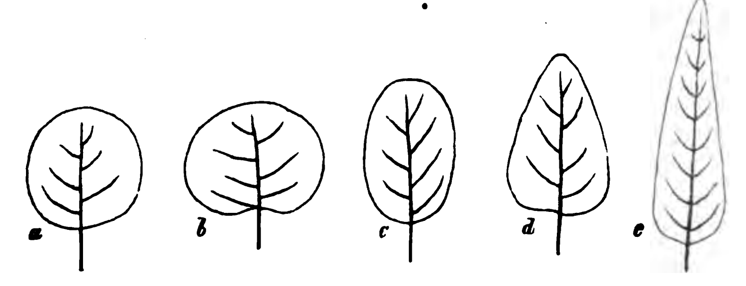
schwimmend erhält. Von unseren einheimischen Pflanzen zeigen dies die Wassernuß (Trapa natans), von Gewächshauspflanzen die in Bassins gezogenen Ponteberien. Eine ganz eigentümliche Bildung zeigt der Blattstiel der dem tropischen Asien angehörigen Kannenträger (Nepentheen). Der-

selbe ist nämlich blattartig und am Ende krugartig erweitert. Die Blattspreite erscheint dabei nur als ein den Krug schließender kleiner Deckel. (Figur 81 b.)

Die Blattfläche oder Blattspreite (Lamina) ist der grüne, flächenförmig ausgebreitete Teil des Blattes, der, außer bei einigen Moosen, stets aus mehreren Zellschichten besteht, die eine farblose Oberhaut, ein grünes, parenchymatisches Grundgewebe (Mesophyll) und dasselbe durchziehende Fibrovasalstränge besitzen. Die Fibrovasalstränge entstammen dem das Blatt tragenden Zweige, in welchem sie als sogenannte Blattspuren verlaufen und aus dem sie sich dann seitwärts nach außen Bahn brechen, um durch wiederholte Teilungen das Gerippe oder Skelett zu bilden, das dem Blatt seine Festigkeit giebt und zwischen dessen Maschen die grüne parenchymatische Grundgewebemasse gelegen ist. Über den Verlauf der Faserstränge belehren uns am besten die Blattskelette, die wir im Frühjahr oft auf dem Grunde von Gräben und Vertiefungen finden, in deren Nähe Bäume stehen. Die Blattfläche ist dann gewöhnlich von kleinen Wassertierchen aufgezehrt; das Fasernetz blieb jedoch erhalten, weil es vermutlich den kleinen Geschöpfchen zu unverdaulich war.

In einem Falle hat die Natur selbst ein so nacktes Skelett geschaffen. Ein solches zeigt die der Insel Madagaskar angehörige Ouvirandra fenestralis, eine Wasserpflanze, die durch ihre die zierlichsten Netze darstellenden Blätter einen ganz eigentümlichen Eindruck macht.

Für gewöhnlich bezeichnet man die das Blatt durchziehenden Faserstränge als Nerven, Rippen oder Adern. Sie treten auf der Blattfläche gewöhnlich als hellere (auf der Unterseite mehr als auf der Oberseite), erhabene Linien hervor. Erscheint ein Nerv als die unmittelbare Verlängerung des Blattstiels, verläuft er also der Länge nach in der Mitte des Blattes vom Grunde nach der Spitze zu, so heißt er Haupt- oder Mittelnerv. Entspringen neben oder ohne einen Hauptnerv die sämtlichen Nerven am Blattgrunde und laufen parallel nebeneinander der Blattspitze zu, so heißt das Blatt parallelnervig. Gehen sie dagegen zu beiden Seiten aus dem Hauptnerv hervor, so wird es fiedernervig genannt. Zuweilen teilt sich der Hauptnerv

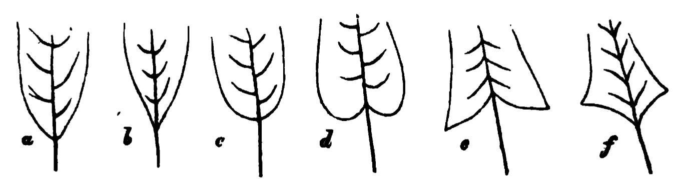


Figur 82. a Rundliches, b nierenförmiges, c elliptisches, d eiförmiges, e lanzettliches Blatt.

unmittelbar am Blattgrunde in mehrere größere Nerven, die an Stärke einander ziemlich gleichkommen und von denen ein jeder, dem Hauptnerv gleich, sich weiter verzweigt, so entsteht das handnervige Blatt.

Die Form der Blattfläche bestimmt man zunächst nach seinem Gesamtumrisse (Figur 82). Ist das Blatt ebenso lang als breit, so heißt es **kreisrund**; ist das nur nahezu der Fall, **rundlich**; übersteigt die Breite die Länge und hat es dabei am Grunde einen herzförmigen Ausschnitt, **nierenförmig**; ist es doppelt so lang als breit, und hat es den größten Querdurchmesser in der Mitte, so nennt man es **elliptisch**; hat es den letzteren jedoch nahe dem Grunde, **eiförmig**; oder nahe der Spitze, **verkehrt eiförmig**. **Lanzettlich** heißt es, wenn es mindestens viermal so lang als breit ist, und **linealisch**, wenn die beiden Ränder nahezu parallel laufen.

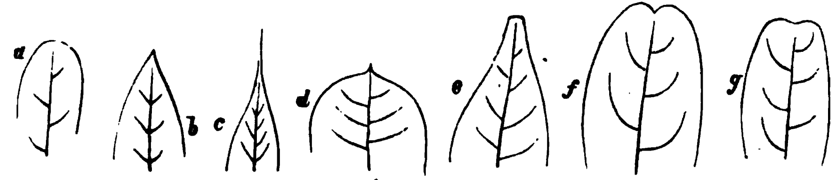
Den **Blattgrund** (Basis), d. h. den Teil, mit dem das Blatt dem Blattstiele, oder, falls dieser fehlen sollte, dem Pflanzenstengel ansitzt, bezeichnet man als spitz, verschmälert, stumpf oder abgerundet, herzförmig,



Figur 83. a Spitzer, b verschmälerter, c stumpfer, d herzförmiger, e pfeilförmiger, f spießförmiger Blattgrund.

pfeilförmig, spießförmig. Die Bedeutung dieser Bezeichnungen liegt auf der Hand oder geht aus vorstehenden Figuren hervor (Figur 83).

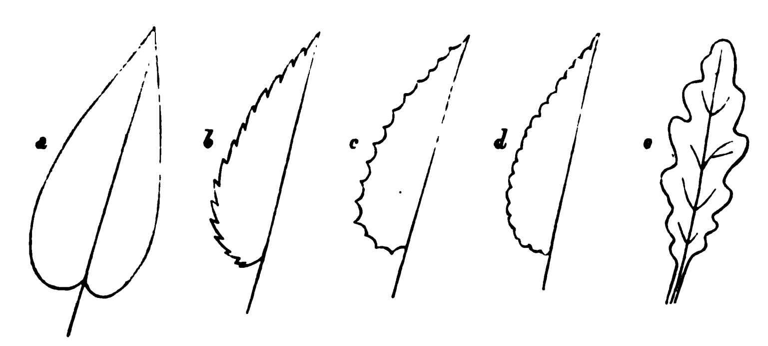
Die **Blattspitze** (Apex) kann abgerundet oder stumpf, spitz, zugespitzt, stachelspitzig, abgestutzt, ausgeschnitten, ausgerandet sein (Figur 84).



Figur 84. a Stumpfe, b spitze, c zugespitzte, d stachelspitzige, e abgestutzte, f ausgeschnittene, g ausgerandete Blattspitze.

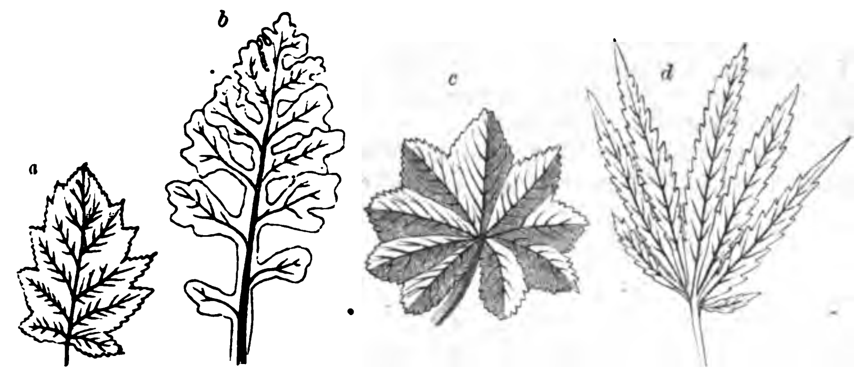
Der **Blattrand** (Margo) ist entweder ganz oder ungeteilt, oder er ist **gesägt**, wenn die Einschnitte scharf und die Vorsprünge scharf; **gezähnt**, wenn die Einschnitte stumpf und die Vorsprünge scharf; **gekerbt**, wenn die Einschnitte scharf und die Vorsprünge stumpf; **ausgerandet**, wenn die Einschnitte stumpf und die Vorsprünge stumpf sind. Ein tief ausgerandetes Blatt, wie z. B. das der Eiche, heißt auch **buchtig**. Eingehendere Bezeichnungen, wie fein-, scharf-, spitzgesägt, wimperig-, dorniggezähnt u. d. m., sind ohne weitere Erklärung verständlich (Figur 85).

Die **Oberfläche** (Superficies) des Blattes ist eben, wie bei der Rothbuche (Fagus silvatica), oder wellig, wie beim krausen Laichkraut (Potamogeton crispum), oder auch runzelig, wie beim Himmelschlüssel (Primula elatior), oder gefaltet, wie bei der Hainbuche (Carpinus Betulus).



Figur 85. a Ganzrandiges, b gesägtes, c gezähntes, d gekerbtes, e buchtiges Blatt.

Sobald die Fläche des Blattes ohne tiefere Einschnitte bleibt, heißt sie ganz oder ungeteilt. Sind aber dergleichen vorhanden (Figur 86), so nennen wir die Teilung fiederförmig, sobald die Einschnitte längs der



Figur 86. a Fiederspaltiges Blatt des Elsebeerbaumes (Sorbus torminalis), b fiederteiliges des grauen Kreuzkrautes (Senecio cineraria), c handförmig gespaltenes neunlappiges Blatt des gemeinen Frauenmantel (Alchemilla vulgaris), d siebenschnittiges Blatt vom Hanf (Cannabis sativa).

Mittellinie verlaufen; handförmig, sobald sie gegen den Blattgrund gerichtet sind und die Teile ungefähr eine ähnliche Stellung haben, wie die Finger einer Hand.

Nach der größeren oder geringeren Tiefe der Einschnitte unterscheidet man wieder im ersteren Falle zwischen fiederspaltig, fiederteilig, fiederschnittig; im letzteren zwischen handförmig gespalten (3=, 5=, 7lappig), handförmig geteilt (3=, 5=, 7teilig), handförmig zerschnitten (3=, 5=, 7schnittig). Hierbei sind noch die leierförmigen, schrotsägigen und zerschlitzten Blätter zu nennen. Die leierförmigen Blätter sind fiederteilig, aber mit unverhältnismäßig großen Endlappen versehen; die schrotsägigen besitzen sehr große und tiefdringende, rückwärts stehende Sägezähne; zerschlitzt nennen wir endlich jedes unregelmäßig in eine Masse schmaler Abschnitte geteilte Blatt.

Alle bisher betrachteten Blätter nennen wir einfach, weil die grüne Blattfläche ein zusammenhängendes Ganze bildet. Geht aber die Teilung

so weit vor sich, daß das Blatt in vollständig voneinander getrennte Blätter, die Spreite also in eine Anzahl einzelner Spreiten sich auflöst, so entsteht das **zusammengesetzte** Blatt. Die einzelnen Blättchen heißen **Teilblättchen**.

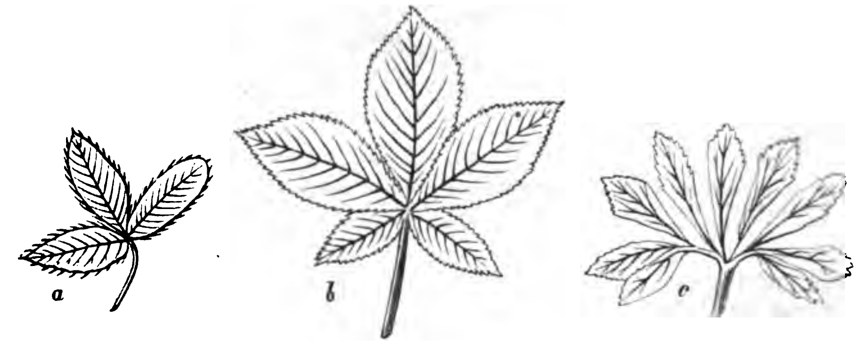
Das zusammengesetzte Blatt kann wieder **fiederförmig** (Figur 87) oder



Figur 87. a Unpaarig gefiedertes Blatt vom schopfblütigen Hufeisenkraut (Hippocrepis comosa); b paarig gefiedertes Blatt von der Frühlings-Walderbse (Orobus vernus); c unterbrochen gefiedertes Blatt der Kartoffel (Solanum tuberosum); d doppelt gefiedertes Blatt eines Schotendorn (Acacia).

handförmig (Figur 88) zusammengesetzt sein. Im ersten Falle stehen die Teilblättchen, hier Fiederblättchen genannt, einander gegenüber, dem Blattstiel entlang. Im andern Falle entspringen sie alle nebeneinander am Ende des gemeinschaftlichen Blattstiels.

Gefiederte Blätter mit Endblättchen heißen **unpaarig**-, ohne Endblättchen **paarig** gefiedert (Figur 87 a b). Im letzteren Falle tritt an die Stelle dieses



Figur 88. a Dreizähliges Blatt vom Bergklee (Trifolium montanum); b fünfzähliges Blatt von der rothen Roßkastanie (Pavia rubra); c fußförmig zusammengesetztes Blatt von der schwarzen Nieswurz (Helleborus niger).

Endblättchens öfters eine Ranke oder Borste. Wechseln große mit kleinen Fiederblättchen, so bezeichnen wir die Fiederung als **unterbrochen** (Figur 87c). Lösen sich die Fiederblättchen nochmals in gefiederte Blätter auf, so entstehen doppelt gefiederte Blätter (Figur 87 d).

Die handförmig zusammengesetzten Blätter können drei-, vier-, fünf-, sechs-, sieben- und mehrzählig sein (Figur 88). Dem handförmig zusammengesetzten Blatte ist das fußförmige (Figur 88 c) sehr ähnlich.

Bei der mehrfachen Zusammensetzung kann sich auch die handförmige mit der fiederförmigen verbinden.

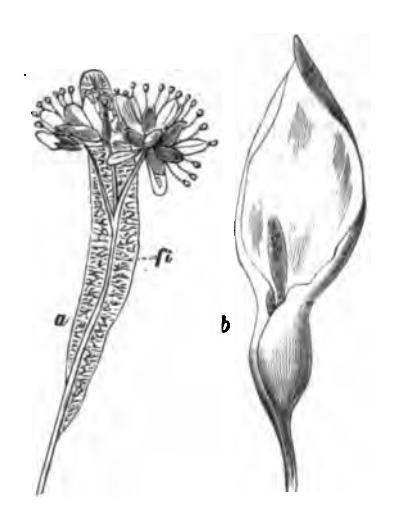
Eine besondere Form des Blattes ist die Nadel. Sie zeichnet sich durch ihre verhältnismäßig dicke und starre Blattfläche aus. Nach ihr erhielten eine ziemliche Anzahl baumartiger Gewächse den Namen Nadelhölzer.

Bei vielen Pflanzen stimmen die Blätter in ihrer Form ziemlich genau miteinander überein; bei anderen herrscht wieder eine große Variabilität. So vergleiche man nur einmal eine größere Anzahl Blätter des weißen Maulbeerbaumes miteinander. Hier ist es kaum möglich, eine allen gemeinsame Grundform herauszufinden. Bei vielen unserer einheimischen Kräuter sind die Wurzelblätter anders als die am Stengel befindlichen gestaltet. Ich erinnere an den scharfen Hahnenfuß (Ranunculus acris). Ja beim goldgelben Hahnenfuß (R. auricomus) sind recht wohl drei verschiedene Blattformen zu unterscheiden: nierenförmige Wurzelblätter, dreilappige untere und gefingerte obere Stengelblätter. Zweierlei Blätter hat ferner der Epheu: nämlich an den unfruchtbaren Ranken drei- bis fünflappige, an den blütentragenden Zweigen dagegen herzeiförmige; dann der Wasserhahnenfuß, nämlich dreilappige, nierenförmige schwimmende und borstig vielspaltige untergetauchte.

C. Die Hochblätter.

Als Hochblätter bezeichnet man endlich die in der blütentragenden Region der Pflanzen erscheinenden Blattgebilde. Sie haben den Zweck, die Blüten zu bedecken, resp. zu verhüllen. Daher eilen sie gewöhnlich den in ihren Achseln entstehenden Blüten in der Entwickelung voraus. Ihr Schutz erstreckt sich nicht selten bis zur Bestäubung, in einzelnen Fällen bis zur Samenreife. Haben die Hochblätter nur eine einzelne Blüte zu bedecken, d. h. im Knospenzustande zu schützen, so nennt man sie wohl auch Deckblätter (Bracteae); liegt es ihnen aber ob, einen ganzen Blütenstand einzuhüllen, so heißen sie Hüllblätter (Folia involucralia).

In den meisten Fällen nähern sie sich durch geringere Flächenentwickelung, einfachere Bildung ꝛc. wieder den Niederblättern; zuweilen sind sie den Laubblättern aber auch vollständig gleich und werden dann gewöhnlich für Laubblätter gehalten. Das Letztere geschieht z. B. von dem Laien regelmäßig mit den großen laubblattartigen Deckblättern des Hainwindröschens (Anemone nemorosa).



Figur 89. a Hüllblatt (fi) der Linde (Tilia parvifolia); b Blütenscheide (Spatha) vom gefleckten Aaron (Arum maculatum).

Sehr oft beobachtet man von den Laub- zu den Hochblättern einen ganz allmählichen Übergang, so bei vielen Lippenblütlern; oft erscheinen aber auch die letzteren von den ersteren scharf abgesetzt, wie bei den Kleearten (Trifolium), den Veilchen (Viola), der Linde (Tilia) (Figur 89a).

Was die Färbung anlangt, so sind

die Hochblätter sehr häufig grün, zuweilen aber auch lebhaft bunt, jedoch nicht selten auch farblos und trockenhäutig. So haben z. B. der Waldwachtelweizen (Melampyrum nemorosum), der Wiesensalbei (Salvia pratensis), ferner Salvia horminum schön blaue, Melampyrum arvense, Salvia involucrata, S. sclarea rote Deckblätter, während dieselben bei der Linde gelblich-bleich, bei vielen Nelkenarten papierartig-trocken erscheinen. Eine ganz besondere Ausbildung erfahren die Hüllblätter bei verschiedenen Monokotyledonen; sie treten hier als mächtige Scheiden auf, die den Blütenstand anfangs vollständig einhüllen und sich später entweder soweit öffnen, daß derselbe hervortreten kann (bei den Arongewächsen, z. B. dem in Laubwäldern häufigen Arum maculatum, der von Landleuten gern gepflegten Richardia aethiopica), oder sich auch gänzlich — und oft mit einem deutlich merkbaren Knall — ablösen. Letzteres geschieht bei einer Anzahl Palmen. Nach Alexander von Humboldt erinnert die mit Geräusch verbundene Blütenentfaltung derselben an den Frühlings-Dithyrambus des Pindar, an den Augenblick, wo in der Argeischen Nemea der sich zuerst entwickelnde Sprößling der Dattelpalme den nun anbrechenden duftenden Frühling verkündet*).

Wirtelförmig gestellte Hüllblätter bilden die Hülle (Involucrum) und das Hüllchen (Involucellum) der Doldengewächse; dachziegelförmig angeordnete die Hülle (Anthodium) der Korbblütler. Letztere haben neben den obenerwähnten Hochblättern, die den Blütenboden rings einschließen, zuweilen auch noch andere auf dem Blütenboden; es sind das die sogenannten Spreublättchen, Spreuschuppen (Paleae).

In einzelnen Fällen können die Hochblätter auch gänzlich fehlen. Dann entspringen die Blütchen den Achseln von Laubblättern, wie z. B. beim kriechenden Gilbweiderich oder Pfennigkraut (Lysimachia nummularia), oder selbst in denen von Niederblättern, wie beim Leberblümchen (Hepatica triloba). Fehlen die Laubblätter, so schließen sich die Hochblätter den Niederblättern unmittelbar an, wie bei der Schuppenwurz (Lathraea squamaria), dem Hanfwürger (Orobanche ramosa) u. a. m. Ja es kann selbst bei solchen Gewächsen, die mit großen grünen Laubblättern versehen sind, vorkommen, daß die nur Hochblätter tragenden Blütenstiele den Achseln von Niederblättern entspringen, wie beim Buschwindröschen (Anemone nemorosa), beim Maiblümchen (Convallaria majalis).

5. Die Haargebilde (Trichome).

Die Haargebilde sind seitliche Auswüchse wie die Blätter. Sie entstehen aber aus der äußersten Zellschicht, also der Oberhaut, und kommen nicht bloß an Stengelteilen, sondern auch an Wurzel- und Blattgebilden vor. Im Verhältnis zu dem sie tragenden Gliede zeigen sie stets eine äußerst geringe Massenentwickelung. Selbst die gesamten Haare eines Blattes, einer Wurzel, eines Stammes sind dem Gewicht des Trägers gegenüber ganz unbeträchtlich.

*) Ansichten der Natur II, S. 116. Kosmos II, S. 10.

Bald entspringen sie wie die Blätter in der Nähe des Vegetationspunktes, wenn auch etwas entfernter von ihm; bald treten sie sehr spät auf, bilden sich also erst an älteren Pflanzenteilen. Im einfachsten Falle sind sie bloße Ausstülpungen einer Oberhautzelle, wie z. B. die sogenannten Wurzelhaare. Die Ausstülpungen können mit der betreffenden Oberhautzelle in ununterbrochenem Zusammenhange bleiben, aber auch durch Scheidewände von derselben abgetrennt werden. Durch verschiedene Querwände, die nach und nach auftreten, vermögen sich weiter aus Zellreihen bestehende zusammengesetzte Haare, oder, wenn die Zellteilungen in einer Fläche vor sich gehen, auch Schuppen (Squamae) zu bilden. Zuweilen sitzen einfache Haare einem von den unterliegenden Zellschichten gebildeten Polster auf. Öfter jedoch bleiben die Grundzellen einfach und die Haare gestalten sich zu vielzelligen Gebilden. Endlich können auch die Haare zu festen Gewebekörpern werden, die wir, sobald sie starr und steif, als Borsten (Setae), sobald sie hart, spitz und holzig sind, als Stacheln (Aculei) bezeichnen.

Nur selten zeigen diese Gebilde eine regelmäßige Anordnung, meist erscheinen sie über die Oberfläche der sie tragenden Glieder regellos zerstreut.

Die Dauer der Haare ist sehr verschieden. Die Wurzelhaare, welche sich ziemlich entfernt vom Vegetationspunkte bilden, dauern oft nur Tage oder Wochen, sterben also bald wieder ab, so daß ältere Wurzelteile stets frei von lebenden Haaren sind. Ebenso vergänglich sind die Woll- bez. Drüsenhaare der Knospen, die die jungen Blättchen oft mit einem dichten Filze überziehen. Mit der Entfaltung der Knospen fallen sie in der Regel schon ab. Dafür entwickeln sie sich freilich auch außerordentlich rasch. Weniger schnell geht im Gegensatze zu ihnen die Bildung der bleibenden Haare vor sich, die sich während der ganzen Lebensdauer der Blätter oder krautiger Pflanzenteile erhalten. Letzteres gilt natürlich auch von den starren, steifen Borsten oder Stacheln.

Die Verrichtungen der Haare können sehr verschiedener Art sein. Die aus den Stengeln der Laubmoose entspringenden Wurzelhaare, welche sich durch andauerndes Scheitelwachstum und vielfach wiederholte Verzweigung auszeichnen, vertreten vollständig das Wurzelsystem der Gefäßpflanzen. Gleichzeitig sind sie aber auch imstande, Brutknospen zu erzeugen, aus denen beblätterte Sprosse hervorgehen. Auch die Wurzelhaare der höheren Pflanzen haben für die Ernährung eine hohe Bedeutung. Sie verwachsen mit den Bodenpartikeln und bringen ihnen so den lösenden Zellsaft unmittelbar nahe. Die Behaarung der Stengel und Blätter wirkt einmal wie der dichte Pelz der Säugetiere als Schutz gegen Kälte, hat aber auch den Zweck, das in der Luft enthaltene Wasser an sich zu ziehen und zu verdichten. Daher sind z. B. Wüstenpflanzen meist stark behaart; daher sind Individuen derselben Spezies, sobald sie in feuchten Auen wachsen, kahl, während sie an trockenen Abhängen Behaarung zeigen. In anderen Fällen mögen die Haare wohl auch als Verteidigungswaffe dienen, wie z. B. die der Brennnessel, deren Brennhaare sich bei jeder Berührung mittelst ihrer hakigen Spitzen leicht in die Haut einbohren, aber, da sie sehr spröde sind, darin abbrechen und die in ihnen enthaltene freie Ameisensäure der Wunde mitteilen, welche eine ganz leichte Entzündung, eine brennende und juckende, aber glücklicherweise bald wieder verschwindende Pustel erzeugt. Letzteres gilt freilich nur von unseren ein-

heimischen Nesseln. Die javanische Urtica stimulans und die ostindische Urtica crenulata vermögen einen 24 Stunden anhaltenden Schmerz, ja unter Umständen ein neuntägiges Brennfieber hervorzurufen. Noch Bedeutenderes aber leistet die Urtica urentissima auf Timor, das Teufelsblatt der Eingeborenen, deren Berührung jahrelange, ja lebenslängliche und bei feuchtem Wetter ganz entsetzliche Schmerzen verursacht. Die Juckbohne (Mucuna pruriens) trägt die starren Brennhaare (Brennborsten) nicht an Stengeln und Blättern, sondern auf der Oberfläche ihrer Hülsen.

Die Haare bez. Borsten an Früchten dienen meist als Ausstreuungsvorrichtungen. Gewisse Früchte heften sich mittelst derselben leicht Tieren bez. anderen Gegenständen an und werden so mühelos nach allen Richtungen hin verbreitet.

Die Haare an Samen wirken, sobald sie kurz und borstig sind, in gleicher Weise, dienen aber, sobald sie eine bedeutendere Länge erreichen, als Flugorgane, die eine Verbreitung durch den Wind ermöglichen.

Bei hochorganisierten Pflanzen treten oft Gebilde auf, die sich in Bezug auf Form und Aussehen, besonders aber in Bezug auf ihre physiologischen Verrichtungen den Haarformen eng anschließen, und eigentlich nur dadurch von ihnen verschieden sind, daß sie nicht aus der äußersten Zellschicht, wie die echten Haargebilde, sondern aus den unmittelbar unter der Oberhaut befindlichen Zellschichten hervorgehen, wie die Blattgebilde. Sie stellen also Übergänge zwischen Haar- und Blattgebilden dar. Während nach Reinke die Stacheln von den Brombeeren (Rubus) nur der Epidermis angehören, sind nach Rauter die Stacheln und Köpfchenhaare der Rosen Auswüchse des unter der Epidermis gelegenen Gewebes, ebenso die Stacheln der Früchte vom Stechapfel (Datura stramonium), vom Wunderbaum (Ricinus communis), die Drüsenhaare auf den Laubblättern des Sonnenthaues (Drosera). Sachs hat für sie den Namen *Emergenzen* vorgeschlagen. Wir stellen sie hier vorläufig noch zu den Haargebilden oder Trichomen und lassen sie uns zugleich einen Beweis für die eigentümliche Wirksamkeit der pflanzlichen Metamorphose sein, die nicht bloß Pflanzenteile gleicher Entstehung so verschieden gestaltet, sondern auch solche verschiedener Entstehung zu ganz gleichartigen Gebilden umwandelt.

Den Stacheln sehr ähnlich sind auch die Dornen (Spinae), die aber, wie schon früher erwähnt, als verkümmerte Zweige anzusehen sind.

6. Die Blüte.

Obschon die Blüte in demselben Sinne wie Stengel, Wurzel, Blatt, Haar als Glied des pflanzlichen Organismus nicht anzusehen ist, behandeln wir sie doch ihrer hohen physiologischen Bedeutung wegen besonders. Ist sie es doch, welche in erster Linie die Keime hervorbringt, aus denen wieder neue Pflanzen hervorgehen.

Hier haben wir es natürlich nur mit der äußeren Erscheinung derselben zu thun.

Die Blüte ist eigentlich ein Kurztrieb, also ein Stengelgebilde mit

unentwickelten Internodien und deshalb dicht hintereinander befindlichen Blättern. Sie wird von der sie tragenden Achse (der sogenannten Spindel) und den an dieser befindlichen metamorphosierten Blättern gebildet. Gewöhnlich entstehen an der Achse nur eine beschränkte Anzahl von Blättern; ihr Wachstum hört sehr bald auf, und ihr Scheitel verbirgt sich im Mittelpunkte der Blüte, oft tief in denselben eingesenkt. Infolgedessen wird jeder Sproß, der mit einer Blüte endigt, als ein begrenzter bezeichnet. Ausnahmsweise vermag aber das Wachstum nach Ausbildung verschiedener Blütenteile von neuem zu beginnen. Es entsteht dann eine Durchwachsung. Eine solche zeigt z. B. die sogenannte Rosenkönigin (Figur 90), eine Rosenblüte, welche in der Mitte einen beblätterten Sproß trägt, der seine Terminalknospe nicht selten noch ein zweites Mal zur Blüte umformt. Auch bei Birnen, sowie an Lärchenzapfen (Larix europaea) hat man dergleichen beobachtet. So fand Charles Bonnet in Genf eine Birne, aus der ein beblätterter Zweig hervorwuchs, und Duhamel beobachtete im Karthäusergarten zu Paris Birnen, aus denen entweder ebenfalls je ein beblätterter Zweig oder je eine Blüte hervorkamen; einige der betreffenden Blüten wurden befruchtet, und er gewann dadurch doppelte Birnen von dem abenteuerlichsten Aussehen. Ich selbst wurde im August 1880 in einem Garten auf dergleichen aufmerksam gemacht und fand an Birnen Durchwachsungen von allen Ausbildungsstufen. In dem einen Falle erhob sich über die Birnenfrucht nur ein beblätterter Kurztrieb, in einem zweiten war der Trieb verlängert und hatte wieder Birnen angesetzt, in einem dritten erhob sich eine Birne unmittelbar über der anderen ꝛc. Durande endlich sah auch aus dem Scheitel einer ziemlich dicken Weinbeere eine kleinere Beere und aus dieser wieder einen einblättrigen Zweig hervorwachsen. Die sonst überall nur als Ausnahme auftretende Durchwachsung wird zur Regel bei den Zapfenpalmen (Cycas), wo die weibliche Blütenachse nach dem Abblühen gewöhnlich weiter wächst und dadurch, daß sie neue vegetative Blätter hervortreibt, den Stamm fortsetzt.



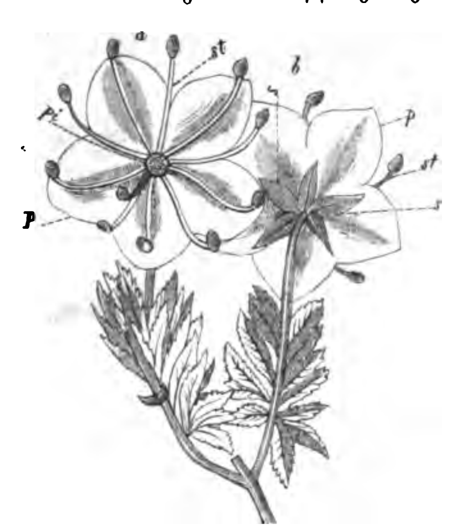
Figur 90. Durchwachsung einer Rose, sogenannte Rosenkönigin.

Das Ende der Blütenachse oder Spindel wird wohl auch Blütenboden genannt. Es kann kegelförmig verlängert, flach abgestutzt, ja wohl auch urnenförmig vertieft sein.

Gegen die Hochblätter grenzt sich die Blüte nicht immer scharf ab: oft besteht vielmehr ein ganz allmählicher Übergang. Gehen der Blüte Hochblätter voran, ohne in ihren Achseln Blüten zu bergen, so heißen dieselben auch Vorblätter.

Die Blattgebilde, welche nebst dem zugehörigen Stengelteile die Blüte ausmachen, sind den Laubblättern sehr unähnlich. Am meisten kommen letzteren noch die grünen Kelchblätter nahe. Größere Verschiedenheiten zeigen schon die bunten Kronenblätter. Aber an den Staubgefäßen ist die Blattnatur kaum wieder zu erkennen. Daß sie jedoch ebenfalls Blattgebilde sind, darauf weist die Umwandlung hin, die sich durch die Kultur mit ihnen erzielen läßt: sie können sich dann in Blumenblätter (gefüllte Blüten), ja zuweilen wohl selbst in Laubblätter (vergrünte Blüten) zurückverwandeln. Übrigens giebt es auch Pflanzen (unter den Seerosen [Nymphaeen]), bei denen die Staubgefäße normalerweise blattartig ausgebildet sind, während halbgefüllte Blüten (z. B. der Rosen) stets die verschiedensten Übergänge von den Staubgefäßen zu den Blumenblättern erkennen lassen.

Bezüglich der ihnen obliegenden Verrichtungen teilen wir die an der Blüte beteiligten Blattgebilde ein in Hüllblätter und Geschlechtsblätter (Figur 91). Während es den letzteren obliegt, durch ihr Zusammenwirken Keime zu neuen Pflanzen zu erzeugen, haben die ersteren nur die Umkleidung, den Schutz der letzteren zu besorgen. Von den Hüllen unterscheidet man gewöhnlich eine äußere und eine innere. Ist die äußere grün und die innere bunt, sind also beide schon durch die Färbung scharf voneinander geschieden, so bezeichnet man die äußere grüne Hülle als Kelch (Calyx), die innere bunte als Blumenkrone (Corolla)*). Besteht eine Verschiedenheit zwischen Kelch und Blumenkrone nicht, so nennt man die Hülle, mag sie aus einem oder mehreren Blattkreisen bestehen, Perigon (Perigonium). Die von den Hüllen umschlossenen Geschlechtsblätter gliedern sich ebenfalls in zwei Kreise: in Staubblätter (Staubgefäße [Stamina]) und Fruchtblätter (Carpelle, Carpiden), welche letzteren in ihrer Verwachsung den oder die Stempel oder Pistille (Pistillum) bilden, deren wichtigster Teil der Fruchtknoten (Ovarium) ist.

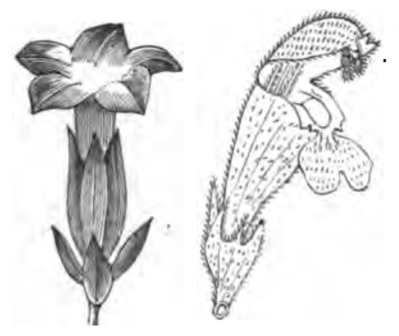


Figur 91. Blüten von der Zwergalpenrose (Rhododendron Chamaecystus). a Oberseite, b Unterseite, s und p Hüllblätter, st und pi Geschlechtsblätter.

*) Die einzelnen Kelchblätter bezeichnet man auch als Sepalen (Sepala), die einzelnen Blumenkronenblätter als Petalen (Petala).

Zwischen den einzelnen Gliedern der die Blüte bildenden Blattkreise kommen sehr häufig Verwachsungen vor. Oft treten uns der Kelch sowohl als die Blumenkrone nicht als Blattkreise oder Blattwirtel entgegen, sondern als zusammenhängende Ganze, an denen nur eine Anzahl Zipfel die Zahl der Blätter verraten, aus deren Verwachsung sie entstanden sind. Man redet daher oft von einem verwachsenblättrigen (fälschlich einblättrigen) Kelche, einer verwachsenblättrigen Blumenkrone bez. einem verwachsenblättrigen Perigon. Man erinnere sich nur an Kelch und Blumenkrone von der Primel, an den Kelch der Nelke 2c. Auch die Staubgefäße können verwachsen sein, wie bei der Malve oder bei den Schmetterlingsblütlern. Am häufigsten ist die Verwachsung der Fruchtblätter. Die Verwachsung kann in der Weise erfolgen, daß ein solcher Blattkreis schon als geschlossener Ringwall an der Vegetationsspitze der Blüte entsteht und die Sonderung in einzelne Zipfel nachträglich erfolgt, oder daß die einzelnen Blätter gesondert angelegt werden, an den Rändern aber sehr bald verschmelzen. Die erstere, die kongenitale Entstehung, ist die bei weitem häufigere. Wie einzelne Glieder eines Kreises können auch verschiedene Blattkreise miteinander verwachsen, z. B. Kelch und Kronenblätter, Staubblätter mit Kronenblättern (Primel, Vergißmeinnicht [Myosotis] 2c.), oder Staubblätter mit Fruchtblättern.

Nach der verschiedenen Ausbildung und Stellung der einzelnen Glieder innerhalb der Blattkreise lassen sich drei verschiedene Arten von Blüten unterscheiden, und zwar regelmäßige (aktinomorphe) Blüten (Figur 92a), wenn dieselben durch mehrere Schnitte in je zwei symmetrische Hälften geteilt werden können; symmetrische (zygomorphe) Blüten (Figur 92b), sobald dieselben nur durch einen einzigen Schnitt in zwei symmetrische Hälften teilbar sind; unregelmäßige Blüten, wenn eine Teilung in zwei symmetrische Hälften gar nicht möglich ist. Gar nicht selten sind diese Verhältnisse bei den verschiedenen Blattkreisen verschieden, so daß auf einen regelmäßigen Kelch eine symmetrische Blumenkrone u. s. w. folgt.

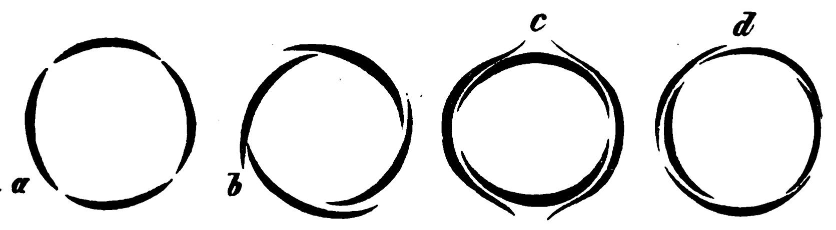


Figur 92. a Regelmäßige Blüte des Frühlings-Enzian (Gentiana verna); b symmetrische Blüte der italienischen Taubnessel (Lamium garganicum).

Im allgemeinen entwickeln sich die Blattgebilde der Blüte nach denselben Gesetzen, wie die Blätter an Laubsprossen; doch scheinen in der Blüte einzelne Kreise oder Organe auch nachträglich eingeschoben werden zu können.

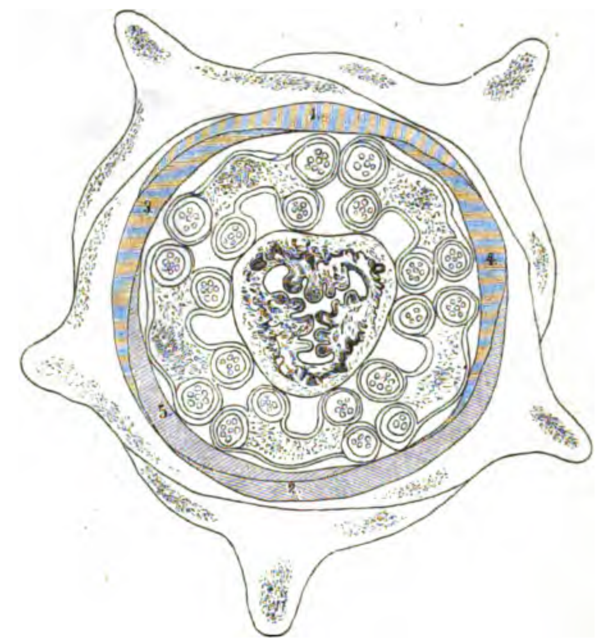
Solange die Blattgebilde der Blüte in der Knospe noch eng zusammengedrängt stehen, berühren sich die einzelnen Glieder eines Kreises seitlich auf verschiedene Weise. Man bezeichnet diese gegenseitige Berührung als Deckung. Nähern sich die Ränder einander nur so weit, daß sie gegenseitig eben aneinander anstoßen, so bezeichnet man die Deckung als klappig (Figur 93a). Greifen die Ränder dagegen übereinander, und zwar so, daß das eine Blatt mit dem einen Rande das folgende deckt, während der andere vom vorhergehenden gedeckt wird, so heißt die Deckung gedreht (Figur 93b). Wenn bei vierzähligen Blattkreisen zwei gegenüberstehende äußere zwei gegenüberstehende

innere Blätter decken, ist die Deckung umfassend (Figur 93c). Bei der großen Zahl von Blüten mit fünfgliederigem Kelche und fünfgliederiger Blumenkrone findet sich endlich die sogenannte quincunciale (Figur 93d) Deckung. Hier decken zwei Blätter mit beiden Rändern, während ein drittes mit dem einen Rande deckt, mit dem andern gedeckt wird, und das vierte und fünfte Blatt an beiden Rändern gedeckt werden.



Figur 93. a klappige, b gedrehte, c umfassende, d quincunciale Deckung.

Zur besonderen Veranschaulichung der quincuncialen Stellung diene noch ein Querschnitt durch die Knospe einer Passionsblume (Passiflora) (Figur 94). Die Kelchblätter sind nacheinander entstanden und entsprechen



Figur 94. Querschnitt der Knospe der Passionsblume (Passiflora).

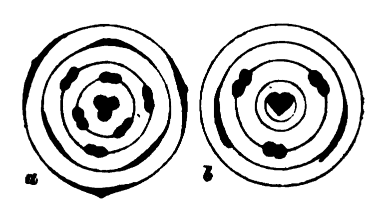
im Knospenzustande einer Spirale mit einem Abstande der einzelnen Blätter von $^2/_5$. Die Blumenkronenblätter haben, obwohl sie (wie beobachtet wurde) gleichzeitig entstehen, durch nachträgliches Wachstum die gleiche Deckung angenommen. Die Staubgefäße und Fruchtblätter, die ebenfalls gleichzeitig entstehen, bilden auch später noch vollkommene Wirtel. (Im Staubgefäßkreise

sind die Staubbeutel durchschnitten gezeichnet, mit je vier Pollenbehältern.) Während die drei ersten Blattkreise miteinander bezüglich der Stellung wechseln, nimmt der vierte, der Fruchtblattkreis, weil er bloß dreizählig ist, eine besondere Stellung ein.

Die Stellung der einzelnen Blütenteile unter sich betreffend, so können dieselben an der Spindel demnach spiralig angeordnet sein, oder sie können Kreise (Cyklen) bilden und die cyklische Anordnung zeigen. Ja es können (wie Passiflora zeigte) gewisse Blattkreise einer und derselben Blüte spiralige, andere cyklische oder Wirtelstellung zeigen. Spiralige Blüten scheinen im allgemeinen seltener vorzukommen und sich auf einige Abteilungen der Dikotyledonen (Hahnenfußgewächse 2c.) zu beschränken. Während die einzelnen Glieder der spiralig gestellten Blütenteile oft in bestimmter Zahl, oft aber auch in ziemlich großer, aber unbestimmter Menge vorhanden sind, zeigen die in Wirteln angeordneten fast stets eine genau bestimmte Zahl. Sind die Wirtel einer Blüte gleichzählig und so gestellt, daß die zu verschiedenen Wirteln gehörigen Glieder in geraden Linien hintereinander stehen, so nennt man die Blattwirtel übereinanderstehend, superponiert; wechseln die Glieder des einen Wirtels mit denen des anderen ab, so heißen sie alterniert.

Da die Zahl und Stellung der einzelnen Blütenteile für die systematische Stellung der betreffenden Pflanzen von großer Wichtigkeit sind, so fixiert man dieselben gern in einer Zeichnung, die man Blütendiagramm nennt. Ein solches Diagramm orientiert viel schneller über die einzelnen Blütenteile und erleichtert besonders ganz außerordentlich die Vergleichung verschiedenenartiger Blüten.

Die einzelnen Blattkreise der Blüte stellt man stets so dar, daß der Kelch als der unterste zu äußerst, der Fruchtblattkreis (Fruchtknoten) als der oberste zu innerst liegt. Gleichzeitig unterscheidet man dieselben gern durch verschiedene Bezeichnung. So deutet man bei den Kelchblättern die Mittelrippe, bei den Staubblättern (Staubfäden) die beiden Antherenfächer an. Zeichnet man in das Diagramm die Blütenteile so ein, wie es die Beobachtung unmittelbar ergiebt, so nennen wir dasselbe ein empirisches (Figur 95).

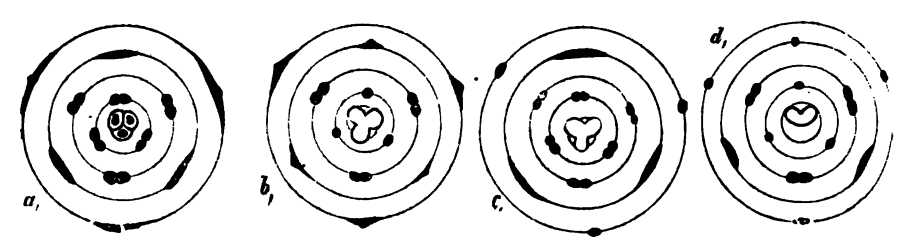


Figur 95. Empirisches Diagramm a der Lilien-, b der Grasblüte.

Suchen wir in demselben aber gleichzeitig eine Erklärung von Stellungsverhältnissen zu geben, die an sich abnorm erscheinen; deuten wir z. B. auch die Orte an, wo Glieder verkümmert (abortiert) oder gänzlich verschwunden sind, was nur durch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen oder durch Vergleich mit verwandten Pflanzen festzustellen ist: so gewinnen wir ein theoretisches Diagramm. Bei einfachen Diagrammen wird das empirische mit dem theoretischen oft zusammenfallen, so bei den Liliengewächsen. Hier wird die Blüte von fünf dreigliederigen Blattkreisen oder Blattwirteln gebildet, die miteinander alternieren: nämlich von zwei als Hüllen entwickelten Blattkreisen, zwei Staubblattkreisen und einem Fruchtblattkreise. Die Zahl der Kreise drückt man, nebenbei bemerkt, durch die Bezeichnung tetra-, penta-, hexacyklisch 2c. aus, während man die Gliederzahl eines Kreises mit di-, tri-,

tetra-, pentamer, also zwei-, drei-, vier-, fünfzählig oder -gliederig bezeichnet. Die Lilienblüte würde somit als pentacyklisch trimer zu bezeichnen sein.

Vergleichen wir mit der Lilienblüte die der Palmen und Halbgräser (Cyperaceen) (Figur 96), so finden wir, daß die Palmenblüten allerdings ein sehr verschiedenartiges Aussehen haben, weil die Blütenhüllen klein



Figur 96. Diagramm a der Palmen-, b Cypergras-, c Bambusgrasblüte, d Diagramm der Blüten von dem größten Teile der Gräser.

und wenig auffällig gefärbt sind, aber daß sie ebenfalls zwei dreiblätterige Hüllblattkreise, zwei dreizählige Staubblattkreise (2 × 3 Staubfäden) und einen aus drei Fruchtblättern verwachsenen dreifächerigen Fruchtknoten besitzen. Der einzige Unterschied besteht darin, daß bei den Liliengewächsen jedes Fruchtknotenfach vielsamig, hier aber einsamig ist. Das Diagramm der Palmenblüte muß also dem der Lilienblüte vollständig ähneln.

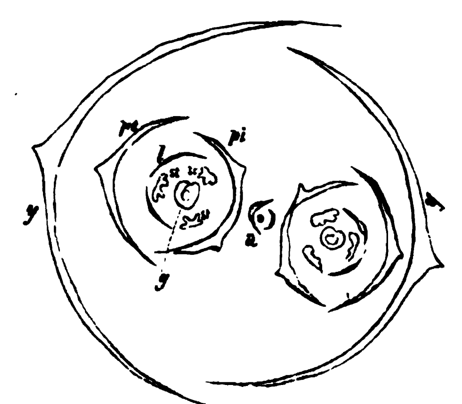
Die Halbgräser besitzen ebenfalls kleine, unscheinbare, in zwei dreigliederigen Kreisen stehende Blütenhüllen. Von den Staubblättern werden gewöhnlich auch zwei dreigliederige Kreise angelegt; es entwickelt sich von diesen in der Regel aber nur der äußere, während der innere abortiert. Wir deuten den letzteren durch drei Punkte an. Der Fruchtknoten endlich ist einfächerig und einsamig. Daß derselbe wirklich auch dreizählig ist, läßt schon seine Gestalt erkennen.

Noch einfacher sind die Diagramme der Gräser. Das der unter den Tropen heimischen Grasriesen, der Bambusen, unterscheidet sich von dem der Halbgräser nur dadurch, daß der erste Hüllblattkreis, der Wirtel der Kelchblätter, fehlt, daß dagegen der innere Staubblattkreis nicht abortiert, sondern vorhanden ist. Der Reis (Oryza sativa) besitzt anstatt der drei inneren Hüllblätter deren nur zwei; es fehlt das der Pflanzenachse zustehende. Außerdem sind von den drei zum Fruchtknoten verwachsenen Fruchtblättern nur zwei vorhanden; es fehlt das den beiden Hüllblättern zugewandte. Bei Nardus stricta, einem steifen, borstlichen und dem Landmanne durchaus verhaßten, aber ziemlich gemein auftretendem Grase, fehlt ebenfalls ein Hüllblatt, von den Staubblättern ist aber nur der äußere Kreis vorhanden, der innere fehlt, und von den Fruchtblättern ist nur eins und zwar das dem fehlenden Hüllblatt gegenüberstehende ausgebildet. Die übrigen Gräser haben dasselbe Diagramm wie die Reisblüte, mit der einzigen Ausnahme, daß die drei inneren Staubgefäße fehlen.

Bei den Gräsern, wo die Hüllblätter, soweit sie nicht gänzlich fehlen, zu kleinen, unscheinbaren Schüppchen (sogenannte Saftschuppen) verkümmert sind und die eigentlichen Hüllen durch Hochblätter (Bracteen) vertreten werden, erscheint es zweckmäßig, ein solches Diagramm über den Bereich der eigent-

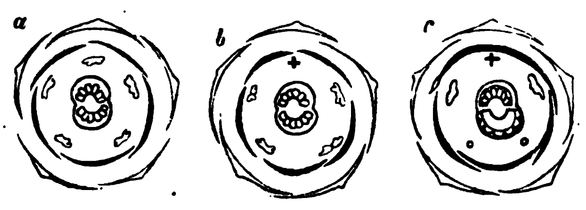
lichen Blütenblätter hinaus auszudehnen und die zunächstgelegenen Hochblätter nebst der Achse, aus welcher die Blüte hervorsproßt, mit zu berücksichtigen (Figur 97).

Wir lassen hier ein Diagramm folgen, wie es Prof. Reinke von einem Ährchen vom Hafer (Avena) gegeben hat. Das Diagramm zeigt zwei Blütchen, welche mit den zugehörigen Hochblättern der Achse ansitzen. Die Achse wird mit a, die beiden sterilen Hochblätter d. h. die beiden Klappen (Glumae), welche das ganze Ährchen einschließen, werden mit y und y', die beiden Spelzen, welche die Blütenteile unmittelbar umhüllen, mit pe und pi bezeichnet; davon ist pe das eigentliche Tragblatt (Deckblatt) der Blüte, während pi die Stelle eines Vorblattes einnimmt; l deutet die beiden verkümmerten Perigonblätter an, st die drei Staubgefäße, g den Fruchtknoten.



Figur 97. a Achse des Ährchens, y Hochblatt, die Balgspelze oder Klappe (Gluma), pe die äußere Deckspelze (Palea exterior), pi die innere (Palea interior), l die beiden Saftschuppen oder verkümmerten Perigonblätter (Lodiculae), st. Staubgefäße, g Pistill. (n. Reinke.)

Doch stellen wir nun noch einige Diagramme von dikotylen Pflanzen auf. Greifen wir z. B. aus der Familie der Skrofularineen das Wollkraut (Verbascum) (Figur 98a) heraus, so finden wir einen fünfgliederigen (pentacyklischen) Kelch, einen damit alternierenden fünfgliederigen Kronenblattkreis, einen mit diesem wieder abwechselnden fünfgliederigen Staubblattkreis und einen zweigliederigen Fruchtknoten (Fruchtblattwirtel). Bei der Gattung Braunwurz (Scrofularia) (Figur 98b) ist die Zahl der Wirtel und die Zahl der Glieder der verschiedenen Wirtel ganz dieselbe, mit Ausnahme des Staubblattwirtels, in dem ein Glied fehlt, und zwar das der Achse des Muttersprosses, also der Achse, aus der die Blütenachse hervorgegangen ist, zunächststehende. Bei dem Gottesgnadenkraut (Gratiola) (Figur 98c) aber hat der Staubblattkreis nur zwei funktionsfähige Staubgefäße, und zwar fehlen neben dem der Achse des Muttersprosses zunächststehenden die der betreffenden Achse gegenüberstehenden. Auf jeden Fall ist in der Gattung Wollkraut (Verbascum) (Figur 98a) der Familientypus der Skrofularineen am vollständigsten ausgeprägt. Das empirische Diagramm stimmt hier mit dem theoretischen überein. In den anderen erwähnten Gattungen sind die fehlenden Glieder nur abortiert.



Figur 98. a Diagramm der Blüte vom Wollkraut (Verbascum), b von der Braunwurz (Scrofularia), c vom Gottesgnadenkraut (Gratiola).

Durch vergleichende Betrachtung zahlreicher empirischer Diagramme verwandter Pflanzen wird man zuletzt immer dasselbe theoretische Diagramm

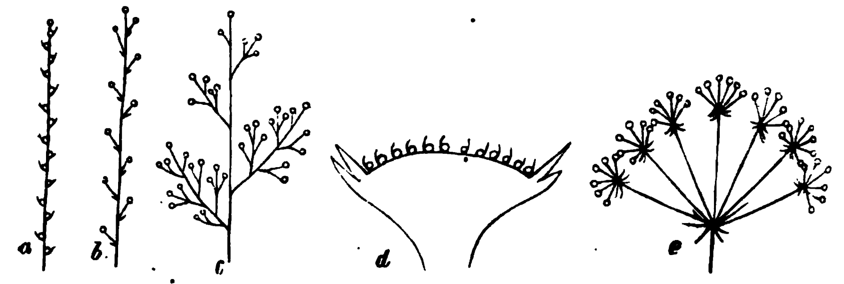
finden. Dieses letztere stellt dann den Typus dar, nach welchem jene gebildet sind; es ist das für die betreffende Pflanzenfamilie typische Diagramm. Aus dem allen wird ersichtlich, wie förderlich die Diagrammatik für die Pflanzensystematik sein muß.

Der Blütenstand (Inflorescentia).

Selten trägt eine Pflanze nur eine oder wenige Blüten; in den meisten Fällen sind deren viele vorhanden. Dieselben stehen entweder einzeln oder zu mehreren in den Blattwinkeln; oder sie bilden ein reiches Verzweigungssystem, das außer den Blüten nur Hochblätter trägt und sich dadurch von dem Laubblätter tragenden, also dem vegetativen Sprosse der Pflanze, scharf abhebt. Man nennt dergleichen Verzweigungssysteme **Blütenstände** oder **Infloreszenzen**.

Wir fassen nun die Verzweigungssysteme, bei denen die Mutterachse sich stärker entwickelt als die Seitenachse und auch die Seitenachsen sich bezüglich ihrer Seitenachsen höherer Ordnungen ähnlich verhalten, unter dem Namen der **traubigen** (racemösen) zusammen. Die Entwickelung der zahlreichen Blüten wird bei ihnen stets von oben nach unten erfolgen. Hierher gehören:

1. Die **Ähre** (Spica) (Figur 99a), bei welcher an verlängerter Spindel (Rhachis), d. i. an der gemeinschaftlichen Achse, ungestielte Blüten stehen, wie z. B. beim Wegerich (Plantago). Die Ähre tritt aber wieder in verschiedenen Formen auf. So trägt die **Grasähre** an Stelle der einzelnen Blüte wieder



Figur 99. Schematische Darstellung traubiger Blütenstände: a Ähre, b einfache, c zusammengesetzte Traube, d Blütenkorb, e zusammengesetzte Dolde.

ein kleines Ährchen (Spicula). Finden sich die Blüten nicht gleichmäßig über die Spindel verteilt, sondern sind sie knäuelförmig angeordnet, so entsteht die **Knäuelähre**, wie sie Eiche (Quercus) und Bingelkraut (Mercurialis) zeigen. Eine Ähre mit sehr dünner und infolgedessen schlaff herabhängender Spindel und mit kleinen, unansehnlichen (gewöhnlich eingeschlechtigen) Blütchen heißt **Kätzchen** (Amentum). Dergleichen besitzen Weide, Erle, Hasel. Die weiblichen Blütenähren unserer Nadelhölzer, bei denen die Blüten in den Achseln von verholzten Schuppen und an starrer, verholzter Spindel stehen, heißen **Zapfen** (Conus). Eine Ähre mit dicker, fleischiger Spindel heißt endlich **Kolben** (Spadix). Solche tragen der Aaronsstab, der Mais, die Musa, viele Palmen.

2. Die **Traube** (Racemus) (Figur 99 b c), die der verlängerten Spindel entlang ziemlich gleichlang gestielte Blüten trägt, wie das z. B. bei dem Maiblümchen (Convallaria majalis) und der Hyazinthe (Hyacinthus orientalis) der Fall ist. Tragen die Blüten nach dem Achsenende zu immer kürzere Stiele, so daß schließlich die Blüten alle in gleicher Höhe stehen, so spricht man von einer **Doldentraube** (Corymbus). Eine Traube mit ungleich entwickelten Seitenästen, die aber wieder traubenförmig verzweigt sind, heißt **Rispe** (Panicula). Bei den Gräsern tragen die Rispenäste an ihren Enden nicht einzelne Blütchen, sondern die vorhin genannten Ährchen (Rispengras, Zittergras, Perlgras, Trespe ꝛc.). Eine Rispe von eiförmiger Gestalt heißt Strauß (Thyrsus). Derselbe findet sich bei der Syringe, dem Liguster ꝛc.

3. Die **Dolde** (Umbella) (Figur 99 c). Hier stehen an verkürzter Spindel eine größere oder geringere Zahl gestielter Blüten. Da die gleichlangen Stiele unmittelbar nebeneinander am Ende des gemeinschaftlichen Blütenstieles entspringen und sich hier schirmförmig ausbreiten, befinden sich die Blüten so ziemlich in einer Ebene. Da, wo die Nebenachsen aus der Hauptachse hervorgehen, steht gewöhnlich ein Kreis von Hüllblättern. Wir unterscheiden eine einfache und eine zusammengesetzte Dolde. Bei letzterer ist die Nebenachse nicht einblütig, sondern trägt ein Döldchen. Einfache Dolden haben der Schotenklee (Lotus corniculatus), der Sanikel (Sanicula europaea); zusammengesetzte die meisten Doldengewächse.

4. Das **Köpfchen** (Capitulum). Bei diesem stehen an verkürzter Spindel eine größere Anzahl ungestielter Blüten dicht über- und nebeneinander. Gewöhnlich zeigt dieser Blütenstand, der sich am Klee, an der Skabiose u. s. w. findet, einen kugeligen Umriß.

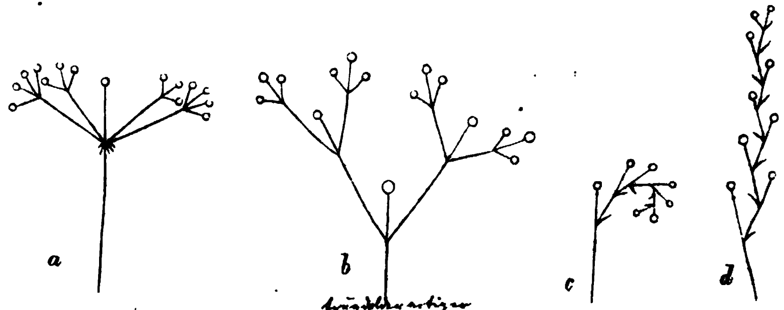
Sehr verwandt mit dem Köpfchen ist das **Körbchen** (Figur 99 d). Bei diesem erweitert sich das Ende der Blütenachse zu einem scheiben-, oder kegelförmigen oder halbkugeligen Blütenboden, dem die Blütchen dicht nebeneinander eingefügt sind und welcher von spiralig gestellten und oft dachziegelförmig einander deckenden Hüllblättern (dem sogenannten Hüllkelch) umgeben wird. Das **Blütenkörbchen** (Anthodium) findet sich bei allen der Klasse der Korbblütler zugehörigen Pflanzen.

Eine zweite Art von Blütenständen sind die **doldentraubigen** oder **cymösen**. Bei diesen entwickeln sich die Seitenachsen stärker, als die Hauptachse. Die Hauptachse schließt mit einer endständigen Blüte ab; die wenigen seitlichen Zweige schließen ebenfalls mit Blüten ab und treiben wieder Zweige, die das System ganz in derselben Weise fortsetzen. Das Aufblühen erfolgt nicht centripetal, von unten nach oben, bez. von außen nach innen, sondern umgekehrt centrifugal.

Hierher gehören:

1. Die **Trugdolde** (Cyma) (Figur 100 a), bei welcher unterhalb der Endblüte mehrere fast gleichlange Blütenstiele auf gleicher Höhe mit derselben, ähnlich wie bei der Dolde, stehen, von denen sich aber jeder wieder in gleicher Weise verzweigt. Stehen unter der Endblüte stets nur zwei Blütenstiele einander gegenüber, so nennt man die Trugdolde **Dichasium** (Figur 100 b); sind die Blütenstiele bedeutend verkürzt, so daß sich die Blüten sehr nahe rücken, so entsteht der **Büschel** (Fasciculus); fehlen sie fast ganz und sind die Blüten unregelmäßig gehäuft, so entsteht der **Knäuel** (Glomerulus).

2. Die **Spirre** (Anthela), die in verschiedener Höhe unter der Endblüte mehrere Blütenstiele von ungleicher Länge hervorbringt, von denen die längsten, die Endblüte weit überragenden, sich wieder in gleicher Weise verzweigen. Spirren tragen die meisten Binsengewächse und verschiedene Cypergräser.



Figur 100. Schematische Darstellung doldentraubiger (cymöser) Blütenstände: a Trugdolde, b Dichasium, c Schraubel, d Wickel.

3. Die **Schraubel** (Bostryx) (Figur 100 c) ist ein Blütenstand, der aus einem Dichasium dadurch entsteht, daß von den beiden seitenständigen, die Endblüte überragenden Seitenzweigen immer nur der auf der einen Seite befindliche sich entwickelt, und infolgedessen die unteren Teile der aufeinanderfolgenden Seitenzweige sich zu einer Scheinachse von spiraliger Krümmung verbinden, die die Blüten in einer Reihe trägt.

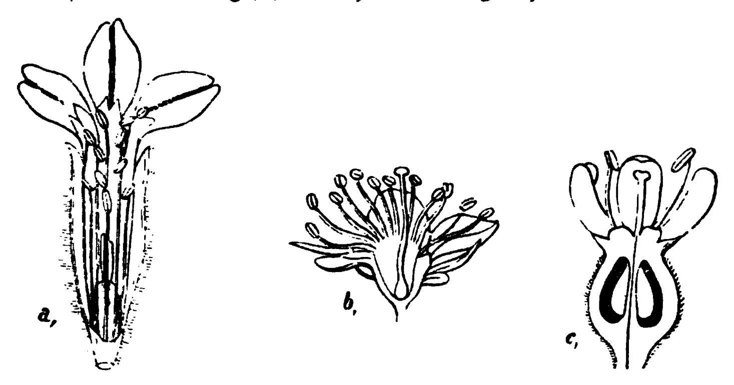
4. Der **Wickel** (Cicinnus) (Figur 100 d) wird ebenfalls von einer spiralig eingerollten Scheinachse gebildet, die aber auf beiden Seiten Blüten trägt.

Doch besprechen wir nun die einzelnen Blütenteile selbst etwas eingehender.

Der Blütenboden.

Der Blütenboden ist nichts Anderes, als die unmittelbare Fortsetzung des Blütenstiels, das Ende desselben, an welchem in engster Folge, ohne eine besondere Entwickelung von Internodien, die zur Blüte gehörigen Blattkreise stehen. Er stellt somit ein kurzes oder nur wenig verlängertes Achsenstück dar. Bloß ausnahmsweise rücken die Blütenteile etwas weiter auseinander. Ich beobachtete dies öfter an den Blüten eines an einem künstlichen Felsen in einem Parke wuchernden kriechenden Hahnenfußes. Hier standen Kelch, Blumenkrone, Staubgefäße, Pistille in Zwischenräumen von 1—1 1/2 Cm. hintereinander, doch so, daß der Zwischenraum gegen das Ende der Blütenachse hin immer geringer wurde, also Kelch und Blumenkrone weiter voneinander abstanden als Blumenkrone und Staubgefäße und diese letzteren endlich von den Pistillen den geringsten Abstand zeigten. Behält die Blütenachse die ursprüngliche cylindrische Form bei, so werden die Blattkreise stets in normaler Folge an derselben stehen, d. h. die Blütenachse wird durch die zu einem Pistill vereinten Fruchtblätter abgeschlossen werden; unterhalb desselben werden die Staubblätter (Staubgefäße) stehen; unter diesen werden wieder die Kronenblätter und unter den Kronenblättern die Kelchblätter eingefügt sein.

In dem ebengenannten Falle — also wenn die übrigen Blütenteile sämtlich unterhalb des Pistills entspringen —, heißt die Blüte unterweibig (hypogynisch) (Figur 101 a); den Fruchtknoten aber bezeichnet man als oberständig. Gar nicht selten verbreitert sich aber der Blütenboden auch und wird flach oder, falls sich seine Ränder erheben, becher- oder krugförmig. Dann werden die Kelchblätter auf dem Rande der krugförmigen Vertiefung stehen, unmittelbar neben ihnen und von ihnen umrahmt die Kronenblätter und vor diesen die Staubgefäße, während die Fruchtblätter die Mitte der



Figur 101. a Hypogynische Blüte vom englischen Leimkraut (Silene anglica), b perigynische vom Schwarzdorn (Prunus spinosa), c ~~hypogynische~~ epigynische vom roten Hartriegel (Cornus sanguinea).

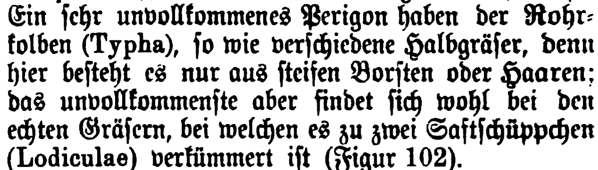
Vertiefung einnehmen. Eine solche Blüte nennt man umweibig (perigynisch) (Figur 101 b). Füllt der Fruchtknoten endlich den krug- oder becherförmigen Hohlraum gänzlich aus, und verschließen die Fruchtblätter die Höhlung nur oben, um sich dann als Griffel zu erheben und Narben zu tragen, so heißt die Blüte oberweibig (epigynisch) (Figur 101 c), der Fruchtknoten aber unterständig. Erfolgt die Verwachsung des Fruchtbodens mit dem Fruchtknoten nur teilweise, so heißt letzterer halbunterständig.

Die Blütenhüllen.

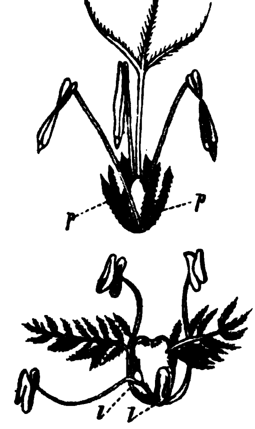
Die Blattkreise, welche den Zweck haben, die inneren, bei der Fortpflanzung d. h. der Samenbildung sich wirklich beteiligenden Organe einzuschließen und dadurch zu schützen, nennt man Blütenhüllen. Selten ist nur eine vorhanden, meistens beobachtet man deren zwei. Oft sind diese Blütenhüllen ganz klein und unscheinbar, wie z. B. bei der Brennessel (Urtica), dem Hornblatt (Ceratophyllum), der Ulme (Ulmus), den Halbgräsern, oft aber auch wieder groß und augenfällig. Im letzteren Falle besitzen sie nicht selten eine hervorstechende Farbe, die, wie später gezeigt werden wird, den besonderen Zweck hat, Insekten anzulocken, um bei der Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe behülflich zu sein.

Selten fehlt den wesentlichen Blütenteilen jede Hülle. Es ist dies der Fall bei den Platanen, Weiden, Pappeln 2c. Die Blüte bezeichnet man dann als nackt. Nackte Blüten sind sehr oft zugleich auch eingeschlechtig;

sie enthalten nur Staubgefäße oder nur Pistille. Nackte Zwitterblüten haben Esche und Mannaesche (Fraxinus, Ornus); nackte eingeschlechtige Blüten finden sich bei Weide und Pappel (Salix, Populus). Wenn von den beiden Hüllen, die in der Regel an der Blütenbildung sich beteiligen, die äußere aus grünen derben, die innere dagegen aus lebhaft gefärbten zarten Blättern besteht, wird die äußere **Kelch**, ihre Blätter Kelchblätter (Sepala), die innere **Blumenkrone**, ihre Blätter Kronenblätter (Petala) genannt. Ist die Hülle nur einfach oder besteht sie aus zwei ganz gleichfarbigen Blattkreisen, so nennt man sie **Perigon**. Das Perigon kann infolgedessen kelchartig grün, es kann auch blumenkronenartig bunt sein. Kelchartig grün findet sichs beim Frauenmantel (Alchemilla), der Runkelrübe (Beta), dem Gänsefuß (Chenopodium), blumenkronenblattartig bei Lilie, Tulpe.



Ein sehr unvollkommenes Perigon haben der Rohrkolben (Typha), so wie verschiedene Halbgräser, denn hier besteht es nur aus steifen Borsten oder Haaren; das unvollkommenste aber findet sich wohl bei den echten Gräsern, bei welchen es zu zwei Saftschüppchen (Lodiculae) verkümmert ist (Figur 102).



Figur 102. p p Perigon der Meerbinse (Scirpus maritimus), l l verkümmertes Perigon oder Saftschuppen (Lodiculae) von der weichen Trespe (Bromus mollis).

Die Blütenhüllen sind hinsichtlich ihrer Dauer sehr verschieden. Die äußere grüne, der sogenannte Kelch, fällt oft schon beim Öffnen der Blüte, also beim Entfalten der Blumenkrone ab, er ist dann **hinfällig**; lösen sich die Hüllen bald nach der Bestäubung vom Fruchtboden, so nennt man sie **abfällig**: sind sie dagegen noch an der reifen Frucht zu finden, dieselbe umhüllend oder einschließend, so bezeichnet man sie als **bleibend**. Hinfällig ist die äußere Blütenhülle, der Kelch, beim Mohn, Schöllkraut 2c.; abfällig sind äußere und innere Blütenhüllen beim Hahnenfuß, bleibend bei den Kleearten. Bleibend ist der Kelch bei Rose und Erdbeere, während in beiden Fällen die Blumenkrone abfällig ist. Den Kernobstfrüchten (Apfel, Birne, Quitte, Mispel) sieht man den Kelch bei der Reife stets noch als sogenannte „Blüte" aufsitzen.

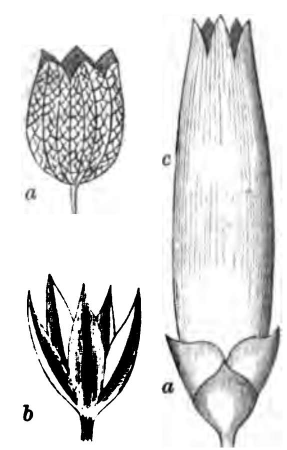
a) Der Kelch (Calyx).

Die Kelchblätter (Sepala) sind, wie schon bemerkt, meist grün und derb. Ihre Färbung und Konsistenz, so wie das häufigere Vorhandensein einer Mittelrippe erinnern bei weitem mehr an die Verwandtschaft mit den Laubblättern, als dies bei den Kronenblättern der Fall ist. An manchen Pflanzen ist der Kelch nur ganz wenig entwickelt. So kostet es z. B. oft Mühe, ihn auf dem Fruchtknoten der Doldengewächse als kleinen, grünen, fünfzähnigen Rand ausfindig zu machen. An anderen wieder verhüllt er sogar die Blumenkrone vollständig. In einzelnen Fällen kommt er, der allgemeinen Regel entgegen, wohl auch gefärbt vor, wie bei den Fuchsien, dem Rittersporn, dem Eisenhut 2c.

Die Blätter, die den Kelch bilden, sind entweder vollständig frei und selbständig, also bis auf den Fruchtboden voneinander getrennt, oder sie

stehen seitlich im innigsten Zusammenhange, sind miteinander verwachsen. Der Kelch ist demnach verwachsenblätterig (Figur 103) oder vielblätterig. Die Verwachsung kann sich nur auf eine ganz schmale Region am Grunde beschränken, oder sie kann bis gegen die Mitte, oder endlich aber auch bis über die Mitte heraufreichen. Im ersten Falle nennt man den Kelch geteilt (z. B. hat Spergula arvensis, der Ackerspark, einen fünfteiligen, Rumex acetosa, der gemeine Ampfer, einen dreiteiligen Kelch), im zweiten gespaltet (z. B. hat das Mauer-Gypskraut [Gypsophila muralis] einen fünfspaltigen Kelch), im dritten gezähnt (z. B. haben die Lichtnelke [Lychnis], die Gartennelke [Dianthus] einen fünfzähnigen Kelch).

In manchen Fällen finden sich außerhalb des Kelches, und zwar dicht unter demselben, Blattbildungen, welche gleichsam noch einen äußeren Kreis der Blütenhüllen darstellen. Man erinnere sich an die Nelke, Malve u. s. w. Es sind dies teils Hochblätter, die kelchartig zusammenrücken, teils Nebenblattbildungen von den Kelchblättern selbst. Man bezeichnet sie gewöhnlich als Außenkelch und redet dann wohl auch von einem doppelten, ja bei der Baumwolle (Gossypium) von einem dreifachen Kelche.



Figur 103. a Fünfzähniger Kelch des aufgeblasenen Leimkrautes (Silene inflata), b fünfspaltiger Kelch des gemeinen Johanniskrautes (Hypericum perforatum), c Kelch der Gartennelke (Dianthus Caryophyllus) mit Außenkelch a.

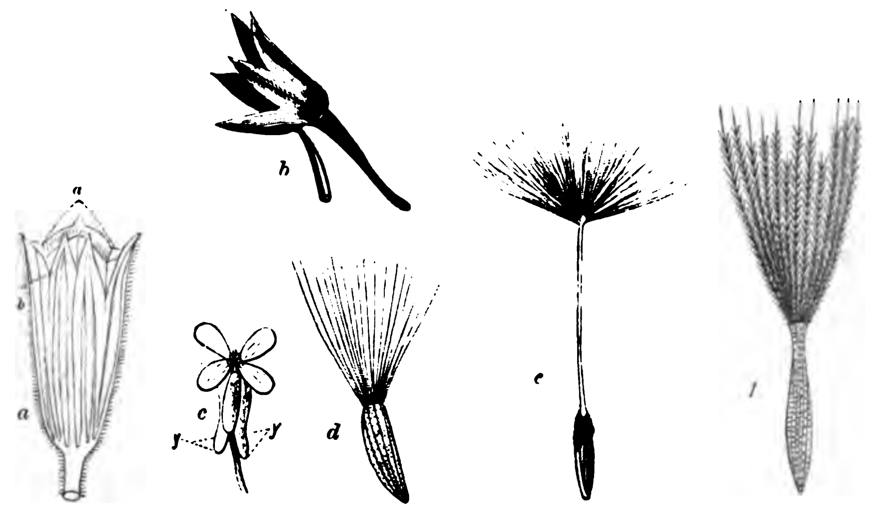
Der vielblättrige Kelch (Calyx polysepalus) ist entweder (der Blumenkrone eng) anliegend oder ausgebreitet (radförmig) oder selbst zurückgeschlagen.

Der verwachsenblättrige, auch einblättrig genannte Kelch (Calyx gamosepalus) (Figur 103), kann ebenfalls ausgebreitet oder radförmig, aber auch keulenförmig, kreiselförmig, krugförmig, trichterförmig, glockig, bauchig, röhrig, walzig sein. Unregelmäßig erscheint er beim Eisenhut (Aconitum). Als besondere Formen sind noch der lippige (Figur 104 a), der gespornte (Figur 104 b), der zweisackige Kelch (Figur 104 c) zu nennen. Eine weitere Erklärung ist hier kaum nötig, die Form ergiebt sich aus dem Namen. Der lippige Kelch ist durch einen tieferen Einschnitt stets in eine obere und in eine untere Hälfte geteilt, der gespornte trägt einen hohlen, nach dem Ende spitzzulaufenden Fortsatz, der zweisackige Kelch endlich, der nur bei Kreuzblütlern auftritt, besteht darin, daß von den vier Kelchblättern zwei an ihrem Grunde sackartig ausgebuchtet sind.

Eine merkwürdige Bildung, welche die Stelle des Kelches vertritt, finden wir bei den Korbblütlern (Kompositen). Es ist das die sogenannte Haarkrone oder der Pappus (Figur 104 d—f). Derselbe umgiebt ganz wie der Kelch die oberständige Blumenkrone, besteht aber aus einem Kranze einfacher oder verzweigter Haare, die sich erst nach der Blütezeit vollständig entwickeln und schließlich eine Flugvorrichtung für die ausgewachsene Frucht behufs Weiterverbreitung bilden. Ihrer Entstehung nach sind die Pappushaare nichts Anderes, als Anhängsel der Fruchthülle, aus deren Oberhaut sie ihre Entstehung genommen haben. Der Pappus kann haarförmig

sitzend und haarförmig gestielt, ferner federförmig sitzend und federförmig gestielt sein.

In einigen Fällen beteiligt sich der bleibende Kelch an der Bildung der Frucht, so z. B. bei der Wassernuß (Trapa natans), deren vier Hörner durch Verholzung der Kelchröhre entstehen; bei der Judenkirsche (Physalis



Figur 104. a Lippiger Kelch der großblütigen Braunelle (Prunella grandiflora): a Oberlippe, b Unterlippe; b gespornter Kelch der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus); c Blüte mit zweisackigem Kelche von der geöhrten Brillenschote (Biscutella aurita), y Aussackungen; d haarförmig sitzender Pappus vom Mauerhabichtskraut (Hieracium murorum); e haarförmig gestielter Pappus von der Kettenblume (Taraxacum officinale); f federförmig sitzender Pappus vom graugrünen Löwenzahn (Leontodon incanum).

Alkekengi) wächst er weiter und wird schließlich zu einem weiten häutigen Sacke, der die Frucht umschließt; bei der Rose bildet er zugleich mit dem Fruchtboden die rote, fleischige Hagebutte, welche wie ein Krug die kleinen, einsamigen, borstigen Früchtchen (gewöhnlich Samen genannt) einschließt.

b) Die Blumenkrone (Corolla.)

Mit diesem Namen bezeichnet man stets den inneren Blattkreis der doppelten Blütenhülle, sobald er sich von dem äußeren durch größere Zartheit der Blätter und abstechende Färbung abhebt. Die Färbung ist entweder weiß oder bunt. In vielen Fällen, besonders bei unseren Zierpflanzen, ist sie außerordentlich veränderlich. Bei manchen Pflanzen ändert sie sich an ein und derselben Blüte. So ist beim Vergißmeinnicht (Myosotis palustris) die Blumenkrone vor dem Aufblühen rot, nach demselben blau; bei Myosotis variabilis erscheint sie beim Aufblühen gelb, wird dann rot und endlich blau; beim Abelmoschus (Hibiscus esculentus) variiert sie nach der Tageszeit und sieht am Morgen weiß, am Mittag blaßrötlich, am Abend rosenrot aus.

Daß die Blumenkrone durch rückschreitende Metamorphose auch wieder grün und kelchartig, ja laubblattartig werden kann, wurde schon früher

angedeutet. Man bezeichnet dergleichen Rückbildungen als Vergrünungen (Chloranthieen oder Viridationen). Sehr oft lassen sich solche an Rosen beobachten; Sieckmann in Köstritz bietet in seinem Georginenkataloge unter dem Namen „Gottes Wunder" eine vergrünte Georgine aus; auf einzelnen Wiesen des Saalthals bei Jena treten im Mai und Juni nicht selten vergrünte Herbstzeitlosen auf ꝛc.

Wie die Kelchblätter können auch die Blumenkronenblätter frei oder verwachsen sein. Es lassen sich also ebenfalls vielblätterige (Corollae polypetalae) und verwachsen- oder einblätterige (Corollae gamo- s. monopetalae) Blumenkronen unterscheiden.

Am freien Blumenkronenblatte (Figur 105 a u. b) bemerken wir zunächst einen unteren stielartig zusammengezogenen Teil, mit welchem dasselbe dem Blütenboden aufgeheftet ist, den Nagel (Unguis), und einen oberen flächenförmig ausgebreiteten Teil, die Platte (Lamina). Der Nagel kann sehr kurz sein, wie bei dem Hahnenfuß, oder verhältnismäßig lang, wie bei vielen Nelkenblütlern, z. B. der Nelke (Dianthus), der Lichtnelke (Lychnis), der Rade (Agrostemma) u. s. w. Die Platte ist meist ganz, und zwar bald rundlich, bald länglich, bald wieder eiförmig, bald lanzettlich. Seltener ist sie handförmig oder fiederförmig geteilt, wie z. B. bei Dianthus superbus, speciosus, plumarius, Lychnis flos cuculi u. a.



Figur 105. a b Freie Blumenkronenblätter: a von der rauhen Nelke (Dianthus asper), b vom brennendscharfen Hahnenfuß (Ranunculus flammula): l Platte, u Nagel; c verwachsenblättrige Blumenkrone von der stinkenden Bulte (Ballota foetida): t Röhre, l Saum, f Schlund.

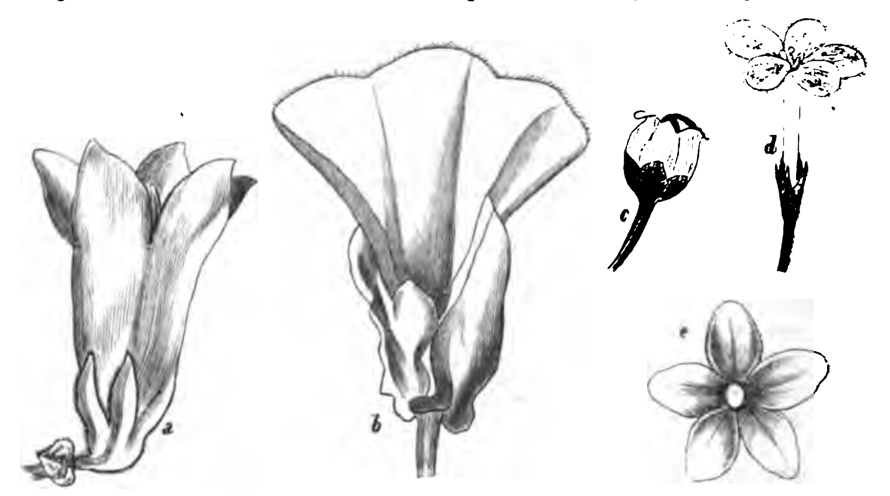
Sind die Blumenkronenblätter miteinander verwachsen, so bezeichnet man die Blumenkrone, ähnlich wie den Kelch, nach dem Grade der Verwachsung als teilig, spaltig oder zähnig. Reicht die Verwachsung mindestens bis gegen die Mitte der Kronenblätter, so wird der untere Teil der Blumenkrone Röhre, (Figur 105 c^t), der obere, in Lappen sich auflösende Saum (Figur 105 c^l) genannt. Der innere Teil, besonders aber der Übergang von Saum in Röhre, heißt Schlund (Figur 105 c^f).

Besitzen die einzelnen Blätter der Blumenkrone, mögen sie frei oder verwachsen sein, gleiche Gestalt und Größe, so nennt man sie regelmäßig, ist dies nicht der Fall, symmetrisch bez. unregelmäßig. Gewöhnlich haben Blüten mit regelmäßigen Blumenkronen auch einen regelmäßigen Kelch und solche mit symmetrischen bez. unregelmäßigen Blumenkronen einen symmetrischen bez. unregelmäßigen Kelch.

Die verwachsenblättrige Blumenkrone kann nach ihrer Form sehr verschieden sein (Figur 106). Sie heißt röhrig, wenn der verwachsene Teil etwa die Gestalt eines Cylinders besitzt; glockig, wenn der verwachsene Teil bauchig gewölbt erscheint; kugelig, wenn derselbe einen kugeligen Hohlraum einschließt; trichterig, wenn der verwachsene Teil sich nach dem

Grunde zu allmählich verengt; radförmig, wenn die Verwachsung nur am Grunde eingetreten ist und die großen freigebliebenen Zipfel sich in einer Ebene ausbreiten; präsentirtellerförmig, wenn die Zipfel sich auf einer langen Röhre flach ausbreiten.

Ganz besonders möge noch auf einige symmetrische Blumenkronen hingewiesen werden, die teils vielblättrig, teils verwachsenblättrig sind.



Figur 106. a Glockenförmige Blumenkrone der breitblätterigen Glockenblume (Campanula latifolia), b trichterförmige der Zaunwinde (Convolvulus sepium), c kugelige der Preißelsbeere (Vaccinium vitis idaea), d präsentirtellerförmige des strauchigen Jasmin (Jasminum fruticans), e radförmige vom schwarzen Flieder (Sambucus nigra).

So treten nicht selten gespornte Blumenkronen auf. Dergleichen haben die Veilchen-, Leinkraut- (Figur 107) Lerchenspornarten u. s. w. Sie entstehen dann, wenn sich ein oder mehrere Blumenkronenblätter in einen längeren oder kürzeren zugespitzten und am Ende geschlossenen hohlen Fortsatz (Sporn) aussacken.

Unter Umständen kann aber eine symmetrische Blüte wieder zu einer regelmäßigen werden, nämlich dann, wenn sämtliche Blumenkronenblätter einen Sporn entwickeln. Das geschieht z. B. gar nicht selten beim gemeinen Lein- oder Maulkraut, auch Frauenflachs genannt (Linaria vulgaris). Figur 107 a zeigt uns das Leinkraut in seiner normalen Gestalt mit lauter symmetrischen Blüten. An jeder einzelnen Blüte bemerkt man eine unregelmäßige, höckerige Blumenkronenröhre, die sich in einen ungleich zweilippigen Saum teilt. Die obere Lippe ist zwei-, die untere dreilappig. Die fünf Kronenlappen deuten darauf hin, daß die Blumenkrone durch Verwachsung von fünf Blumenkronenblättern entstanden sei, und zwar die Oberlippe aus zwei, die Unterlippe aus drei. Von diesen drei Blättern der Unterlippe verlängert sich nun das mittlere nach unten und außen in einen langen Sporn. Zuweilen verlängert sich nun aber (wie beim Ackelei [Aquilegia]) jedes Blatt in einen Sporn, und es entsteht eine regelmäßige Blumenkrone, die mit einem fünflappigen Saume versehen ist und deren Röhre sich seitlich nach unten in fünf gleichgestaltete Sporne fortsetzt. Man hat solche

Umformungen symmetrischer Blüten in regelmäßige Pelorienbildungen, die umgeformte Blüte Pelorie genannt.

Pelorienbildungen hat man ferner beobachtet am gemeinen Löwenmaule (Antirrhinum majus), der Balsamine (Impatiens balsamina), dem wohlriechenden und behaarten Veilchen (Viola odorata und hirta) und bei vielen Orchideen.

Ausdrücklich werde hier aber bemerkt, daß auch bei anderen, als gespornten symmetrischen Blüten Pelorienbildung, d. h. also eine regelmäßige Ausbildung der Blütenteile eintreten kann.

Die zu einem Blütenkorbe vereinigten Blüten der Kompositen bilden sich oft zungenförmig aus. Die Zungenblüte (Figur 108a) ist stets aus fünf Kronenblättern verwachsen, die sich an ihrem unteren Ende zu einer kurzen Röhre schließen, dann aber in ein schmales lineales Blättchen (Band oder Zunge) auslaufen. Den fünf Kronenblättern entsprechend, aus denen die Zunge durch Verwachsung entstand, besitzt sie am oberen Rande stets fünf mehr oder weniger tief ausgeschnittene Zähnchen. Oft tragen die Korbblütler solche Zungenblüten nur am Rande ihres Blütenkörbchens, oft aber ist das ganze Körbchen damit erfüllt.



Figur 107. Blütentraube vom gemeinen Leinkraut (Linaria vulgaris): a mit den normalen gespornten Blüten, b mit Pelorien.

Eine große Menge von Pflanzen haben ferner lippenförmige Blüten (Figur 105c). Hier bilden die Blumenblätter im unteren Teile eine geschlossene Röhre, während der obere freie Rand sich in zwei einander entgegengesetzte Teile spaltet. Der obere davon, der oft gerade, oft aber auch gewölbt ist, heißt Oberlippe, der untere, gewöhnlich wiederum mehrfach eingeschnittene, die Unterlippe. Wird bei einer Lippenblume der Schlund durch eine nach oben gewölbte Ausbauchung der Unterlippe geschlossen, so bezeichnet man die Lippenblume als maskiert (Figur 107a), während sie dann, wenn der Schlund weit offen steht, rachenförmig genannt wird. Auch bei verschiedenen Lippenblütlern ist schon Pelorienbildung beobachtet worden.

Die Schmetterlingsblüte (Figur 108b) endlich besteht aus fünf unregelmäßigen Kronenblättern, welche am Grunde unverwachsen sind, von denen sich aber die beiden unteren von der Mitte bis zur Spitze verbinden, um den Kiel oder das Schiffchen zu bilden, welches die wesentlichen Blütenteile unmittelbar umhüllt; ihnen zur Seite stehen die Flügel, oft in der Mitte, an einer ganz begrenzten Stelle, dem Schiffchen angeheftet, und

An den Staubgefäßen unterscheiden wir gewöhnlich einen unteren, fadenförmigen Teil, das Filament oder den Staubfaden (Filamentum), und einen oberen, sackförmigen Teil, die Anthere oder den Staubbeutel (Anthera), welcher den Blütenstaub (Pollen) einschließt. Der erstere ist meist walzenförmig oder stielrund und wird gewöhnlich von unten nach oben dünner. Selten verbreitert er sich blattartig. Doch ist letzteres der Fall bei der weißen Seerose (Nymphaea alba). Ferner finden sich dergleichen Verbreiterungen oft von allen Stufen in gefüllten bez. halbgefüllten Blüten. Zuweilen tragen die Filamente auch Anhängsel oder Fortsätze verschiedener Art, besonders in der Nähe der Antheren, die ebenfalls mit dergleichen Fortsätzen ausgezeichnet sein können.

Finden sich die Staubfäden in der Blüte voneinander vollständig getrennt vor, so stehen sie frei (Figur 110). Hängen sie aber am Grunde oder von da nach der Anthere hinauf miteinander mehr oder weniger



Figur 111. a Drei zu einem Bündel vereinigte Staubgefäße vom knolligen Lerchensporn (Corydalis bulbosa), b die verwachsenen Staubgefäße der Eibisch (Althaea officinalis), c Verwachsung der Staubgefäße bei dem Blasenstrauch (Colutea arborescens), d verzweigte Staubgefäße vom breitblätterigen Rohrkolben (Typha latifolia).

zusammen, so nennt man sie verwachsen (Figur 111). Zuweilen verwachsen alle Staubfäden miteinander zu einer das Pistill umschließenden Röhre; andernfalls bilden sie durch Verwachsungen zwei oder mehrere Bündel. Die sechs Staubgefäße des Lerchensporns (Corydalis) bilden zwei Bündel zu je drei und drei; die acht Staubgefäße der Kreuzblume (Polygala) zwei Bündel zu je vier und vier; die zahlreichen Staubgefäße des Hartheu (Hypericum) drei oder fünf Bündel. Eigentümlich ist die Verwachsung der zehn Staubgefäße der Schmetterlingsblütler. Von diesen bilden in der Regel neun eine von unten nach oben der Länge nach geschlitzte Röhre, auf deren Schlitz das zehnte in seinem Filamente etwas verbreiterte Staubgefäß liegt.

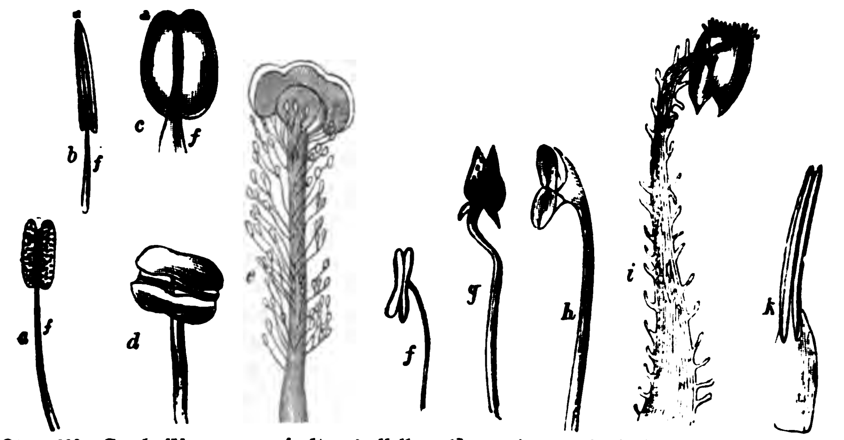
Ein Staubgefäß, dem das Filament gänzlich fehlt, ist sitzend (Veilchen).

Bei einzelnen Pflanzen sind die Staubfäden auch verzweigt. Die Antheren stehen dann auf den letzten Zweigenden.

Zuweilen überragen von einer bestimmten Zahl Staubgefäße einzelne durch ihre Filamente die übrigen; so sind z. B. von der gefleckten Taubnessel (Lamium maculatum) zwei größer, zwei kleiner; von den sechs Staubgefäßen des Ackersenfs (Sinapis arvensis) vier größer, zwei kleiner. Man

finden sie sich in geringerer Zahl vor, als jene. Dieser letztere Umstand beruht gewöhnlich auf dem Fehlschlagen eines oder mehrerer Glieder. Bei der Parnassie (Figur 109 b) sind neben fünf Blumenkronenblättern fünf Staubgefäße vorhanden; dieselben bilden einen fünfgliederigen Wirtel, der mit dem fünfgliederigen Blumenkronenblattwirtel abwechselt. Häufiger stehen die Staubgefäße in zwei Wirteln oder Kreisen. So ists in der Regel bei den Nelkengewächsen. Findet sich eine sehr große Anzahl Staubgefäße, so stehen diese nur selten in Kreisen oder Wirteln von bestimmter Gliederzahl, sondern in Spiralen, wie bei den Hahnenfußgewächsen (Ranunculaceen). Eine geringere Zahl Staubgefäße im Vergleich mit den Blumenkronenblättern finden wir bei der Syringe, dem Liguster, dem Ehrenpreis, dem Baldrian.

Was die Einfügung der Staubgefäße anlangt, so kann dieselbe ziemlich verschieden sein. Bei den Hahnenfußgewächsen sind sie sämtlich dem Fruchtboden aufgewachsen; sie bleiben infolgedessen auf demselben zurück, wenn man Kronen- und Kelchblätter ablöst. Bei der Lichtnelke dagegen ist nur der äußere Staubgefäßkreis dem Fruchtboden aufgeheftet, der innere dagegen den Kronenblättern angewachsen. Im letzteren Falle entfernt man mit Ablösung der Kronenblätter fünf Staubgefäße, während fünf stehen bleiben. Mit den Kronenblättern ist die Verwachsung oft eine so weitgehende und innige, daß nur ein kurzes oberes Stück frei bleibt. Das ist bei vielen Pflanzen mit röhrigen Blumenkronen der Fall, wie z. B. bei der Primel, dem Vergißmeinnicht ꝛc. Hier sitzen die Staubgefäße fast immer der Blumenkronenröhre an. Bei Pflanzen mit krugförmigem Blütenboden, wie z. B. bei den



Figur 110. Staubgefäße: a vom aufrechten Igelkolben (Sparganium erectum), b von der fliederduftenden Schwertlilie (Iris sambucina), c von der Hundszunge (Cynoglossum officinale), d von der gemeinen Kugelblume (Globularia vulgaris), e vom schneeweißen Wollkraut (Verbascum niveum), f vom geknieten Fuchsschwanz (Alopecurus geniculatus), g vom Haidekraut (Calluna vulgaris), h von der großblumigen Braunelle (Prunella grandiflora), i von der hohen Sommerwurz (Orobanche elatior), k von der weißen Seerose (Nymphaea alba). a Anthere, f Filament.

Rosen, wo der Kelch dem Krugrande angefügt ist, sind die Staubgefäße nebst den Kronenblättern dem Kelche aufgeheftet; bei den Osterluzeigewächsen und Orchideen endlich sitzen sie dem Fruchtknoten auf. Man könnte somit die Staubgefäße als fruchtbodenständig, kronenständig, kelchständig und fruchtknotenständig bezeichnen.

An den Staubgefäßen unterscheiden wir gewöhnlich einen unteren, fadenförmigen Teil, das **Filament** oder den Staubfaden (Filamentum), und einen oberen, sackförmigen Teil, die **Anthere** oder den Staubbeutel (Anthera), welcher den Blütenstaub (Pollen) einschließt. Der erstere ist meist walzenförmig oder stielrund und wird gewöhnlich von unten nach oben dünner. Selten verbreitert er sich blattartig. Doch ist letzteres der Fall bei der weißen Seerose (Nymphaea alba). Ferner finden sich dergleichen Verbreiterungen oft von allen Stufen in gefüllten bez. halbgefüllten Blüten. Zuweilen tragen die Filamente auch Anhängsel oder Fortsätze verschiedener Art, besonders in der Nähe der Antheren, die ebenfalls mit dergleichen Fortsätzen ausgezeichnet sein können.

Finden sich die Staubfäden in der Blüte voneinander vollständig getrennt vor, so stehen sie **frei** (Figur 110). Hängen sie aber am Grunde oder von da nach der Anthere hinauf miteinander mehr oder weniger



Figur 111. a Drei zu einem Bündel vereinigte Staubgefäße vom knolligen Lerchensporn (Corydalis bulbosa). b die verwachsenen Staubgefäße der Eibisch (Althaea officinalis), c Verwachsung der Staubgefäße bei dem Blasenstrauch (Colutea arborescens), d verzweigte Staubgefäße vom breitblätterigen Rohrkolben (Typha latifolia).

zusammen, so nennt man sie **verwachsen** (Figur 111). Zuweilen verwachsen alle Staubfäden miteinander zu einer das Pistill umschließenden Röhre; andernfalls bilden sie durch Verwachsungen zwei oder mehrere Bündel. Die sechs Staubgefäße des Lerchensporns (Corydalis) bilden zwei Bündel zu je drei und drei; die acht Staubgefäße der Kreuzblume (Polygala) zwei Bündel zu je vier und vier; die zahlreichen Staubgefäße des Hartheu (Hypericum) drei oder fünf Bündel. Eigentümlich ist die Verwachsung der zehn Staubgefäße der Schmetterlingsblütler. Von diesen bilden in der Regel neun eine von unten nach oben der Länge nach geschlitzte Röhre, auf deren Schlitz das zehnte in seinem Filamente etwas verbreiterte Staubgefäß liegt.

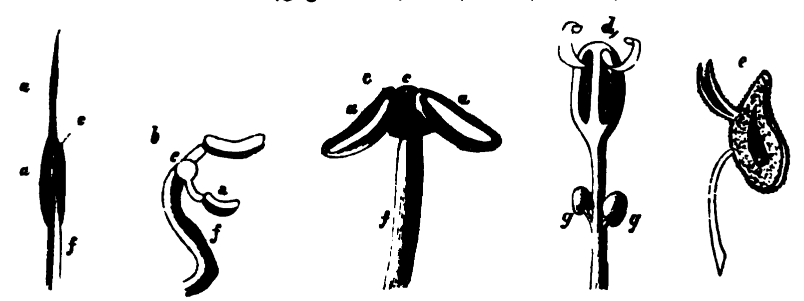
Ein Staubgefäß, dem das Filament gänzlich fehlt, ist sitzend (Veilchen).

Bei einzelnen Pflanzen sind die Staubfäden auch verzweigt. Die Antheren stehen dann auf den letzten Zweigenden.

Zuweilen überragen von einer bestimmten Zahl Staubgefäße einzelne durch ihre Filamente die übrigen; so sind z. B. von der gefleckten Taubnessel (Lamium maculatum) zwei größer, zwei kleiner; von den sechs Staubgefäßen des Ackersenfs (Sinapis arvensis) vier größer, zwei kleiner. Man

nennt im ersten Falle die Staubgefäße zweimächtig, im zweiten viermächtig (didynamisch, tetradynamisch).

Am Staubbeutel lassen sich deutlich zwei Hälften oder Fächer (Thecae) erkennen, deren jede gewöhnlich zwei Pollensäcke (seltener einen oder vier) enthält, welche sich aber bei der Reife durch Schwinden der trennenden Scheidewände zu einer Höhlung vereinigen. Diese beiden Hälften werden nur durch den obersten Teil des Filamentes, das sogenannte **Konnectiv** oder **Mittelband**, zusammengehalten (Figur 112). Ist dasselbe sehr schmal, so liegen



Figur 112. a Staubgefäß der Einbeere (Paris quadrifolia) mit langem Konnectivfortsatz; b Staubgefäß von der gemeinen Salbei (Salvia officinalis) mit querlaufendem Konnectiv; c Staubgefäß vom Pfefferkraut (Satureja officinalis) mit breitem Konnectiv, durch Längsspalte geöffnet; d Staubgefäß des Lorbeer (Laurus nobilis), am Grunde des Filamentes mit zwei Drüsen, und durch Klappen geöffnet; e Staubgefäß von der Sumpfbeere (Vaccinium uliginosum), durch zwei Löcher an der Spitze sich öffnend. a Anthere, c Konnectiv, f Filament, g Drüsen (Glandulae).

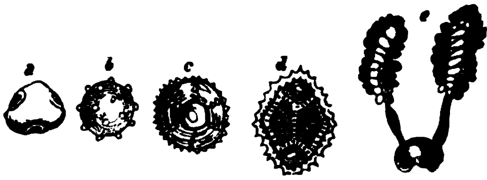
die Antherenfächer dicht parallel nebeneinander. Dabei kann das Filament ganz unmerklich in das Konnectiv übergehen, oder es kann sich deutlich absetzen. Im letzteren Falle findet sich zwischen beiden ein Gelenk, und die Anthere ist auf der Spitze des Filamentes drehbar. Verbreitert sich das Konnectiv in verschiedenartigster Weise, so können auch die beiden Fächer die verschiedenste Lage zu einander einnehmen. Verdickt es sich einfach, so rücken sie nur auseinander (Figur 112 c); zieht es sich aber sehr stark in die Breite und wird dabei ganz dünn, so muß die Anthere mit dem Filament eine Tförmige Figur bilden (Figur 112 b). In einzelnen Fällen setzt sich auch das Filament weit über die Anthere hinaus fort, so daß die beiden Fächer dem Filament seitlich angeheftet erscheinen (Figur 112 a).

Eine Verwachsung der Staubbeutel findet nur bei den Korbblütlern (Kompositen) statt. Hier vereinigen sich die fünf Antheren zu einer von fünf freien Filamenten getragenen Röhre. Die Staubgefäße sind in diesem Falle verwachsenmännig (Stamina synanthera). Staubgefäße, deren Antheren gänzlich fehlen oder auch nur verkümmert sind, so daß sie keinen Pollen entwickeln, bezeichnet man als Staminodien. Gewöhnlich zeigen dieselben eine mehr blattartige Form.

Das Aufspringen der Staubbeutelfächer erfolgt in den meisten Fällen durch eine Längsspalte, die auf der dem Blüteninnern zugewandten oder auch auf der diesem abgewandten Seite entstehen kann (Figur 112 c), seltener durch eine Klappe oder durch zwei Löcher an der Spitze (Figur 112 d e). Im ersten Falle wird es bedingt durch ungleichförmige Zusammenziehung der äußeren und inneren Wandschicht, im anderen durch Absterben und Schwinden der an den betreffenden Stellen befindlichen Zellen. Eine eigentümliche Er-

scheinung zeigen verschiedene Kreuzblütler. Während vor dem Öffnen die Staubbeutel dem Blüteninnern und somit der Narbe zugekehrt sind, tritt beim Öffnen selbst eine solche Wendung ein, daß sich die offenen Stellen von der Narbe abkehren.

Der **Pollen-** oder Bütenstaub, der in den Antherenfächern in ganz bedeutenden Mengen gebildet wird, stellt sich als eine staubartige Masse dar, die aus winzig kleinen Zellen, den sogenannten Pollenkörnern besteht (Figur 113). Sie werden schon lange vor dem Aufblühen der Blütenknospen zu je vier in den Pollenmutterzellen gebildet, deren Wände schließlich verschwinden, so daß sie endlich ganz allein den inneren Raum erfüllen.



Figur 113. Pollenkörner: a von der Winterlinde (Tilia parvifolia), b vom aufgeblasenen Leimkraut (Silene inflata), c von der Cichorie (Cichorium intybus), d von der Golddistel (Scolymus) e Pollinium vom pyramidenförmigen Knabenkraut (Orchis pyramidalis).

Nicht staubartig, sondern durch eine wachsartige Substanz zusammengehalten und somit ein Ganzes (Pollinium) ausmachend, stellt sich die Pollenmasse der Orchideen dar, die nach unten einen mit klebriger Drüse versehenen Halter bildet, der leicht den die Blüte besuchenden Insekten anhaftet, um von diesen wieder an den Narben anderer Blüten abgesetzt zu werden (Figur 113 e).

Am ausgebildeten Pollenkorn läßt sich leicht eine äußere Haut, die **Exine**, und eine innere, die **Intine** unterscheiden. Die erstere ist kutikularisiert und trägt auf ihrer Oberfläche sehr oft Verdickungen in Form von Stacheln, Leisten, Kämmen, Warzen u. dergl. Gewöhnlich hat sie eine gelbe, seltener eine violette Färbung. Meist haftet ihr eine ölige Substanz an, die der Pollenkornoberfläche die bekannte klebrige Beschaffenheit verleiht. Die letztere, die Intine, ist weit zarter, scheint aber an gewissen Stellen unterbrochen zu sein, und zwar sind dies die Stellen, an denen der Pollenschlauch nach der Bestäubung hervortritt, um den Griffel zu durchsenken und im Fruchtknoten in je ein Eichen oder eine Samenknospe einzudringen. Die Intine umschließt stets ein dichtes, körniges Protoplasma (Fovilla). Wenn, was gewöhnlich geschieht, das Pollenkorn im Wasser platzt, entleert es sich als gewundene, schleimige Masse. (Figur 114).

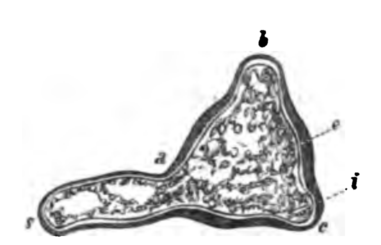
d) Das Pistill (Pistillum).

Unter **Pistill** oder Stempel verstehen wir den weiblichen, zur Entwickelung der Samenknospen bestimmten Geschlechtsapparat. Er führt wohl auch den Namen **Gynaeceum** und nimmt stets die Mitte der Blüte ein (Figur 115). Der wichtigste Teil davon ist der Fruchtknoten (Germen, Ovarium), der sich nach der Befruchtung stets in die Frucht umbildet. Ihm sitzt häufig ein dünner, fadenförmiger Teil, der **Griffel** (Stilus) auf, der meist in ein oder mehrere rauhe oder behaarte Knöpfchen, Plättchen, Federchen rc., die **Narben** (Stigmata), endet.

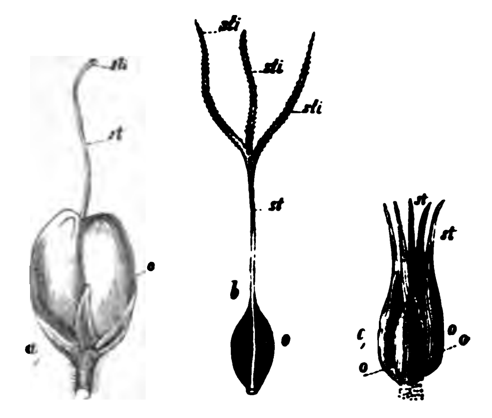
Die Blüte besitzt entweder ein **einziges** Pistill, wie Tulpe, Lilie, Mohn, oder **mehrere**, wie Rose, Hahnenfuß, Spierstaude, die dann entweder

in Wirteln oder spiralig angeordnet sind, bald freistehen, bald eine größere oder geringere Verwachsung zeigen.

Die Pistille werden von sogenannten **Fruchtblättern** (Karpellen oder Karpiden) gebildet, und zwar beteiligen sich entweder mehrere Fruchtblätter an dem Aufbau eines Pistills, oder es wölbt sich ein einzelnes zu einem solchen zusammen. Enthält die Blüte mehrere Pistille, so besteht jedes derselben nur aus einem Fruchtblatte; schließt sie aber nur ein einziges ein, so kann dasselbe von einem oder mehreren Fruchtblättern zusammengesetzt werden. Ein einblätteriges Pistill heißt monomer, ein mehrblätteriges polymer. Die Stellen, wo die Ränder des einen Fruchtblattes oder die aneinanderstoßenden Ränder zweier verschiedener Fruchtblätter verwachsen sind, nennt man Nähte. Die Verwachsung ist meist eine vollständige, sie reicht vom Grunde bis zur Spitze des Blattes; nur in einzelnen wenigen Fällen ist sie eine unvollständige, wie z. B. beim Sumpfhartheu (Elodes palustris), bei Reseda ꝛc.

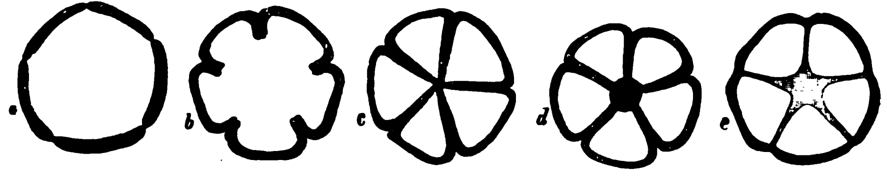


Figur 114. Pollenkorn vom Weidenröschen, (Epilobium), sehr stark vergrößert, einen Pollenschlauch treibend. e Exine, i Intine abc die drei für den Austritt des Pollenschlauchs bestimmten Löcher, s Pollenschlauch.



Figur 115. a Pistill vom gemeinen Leinkraut (Linaria vulgaris), b von der rasenbildenden Binse (Scirpus caespitosus), c fünf Pistille der schwarzen Nießwurz (Helleborus niger). o Fruchtknoten (Ovarium), st Griffel (Stilus) sti Narbe (Stigma).

Die Verwachsung mehrerer Fruchtblätter zu einem Pistill kann in der Weise stattfinden, daß die Ränder sich bloß berühren. Der Fruchtknoten wird dann einen großen Hohlraum bilden, wird **einfächerig** (Figur 116 a) sein. Weiter können die Ränder der Fruchtblätter eingeschlagen und die Einschläge verwachsen sein. Der Fruchtknoten wird dann immer noch einfächerig sein, aber an der Wand leistenartige Vorsprünge zeigen; er heißt

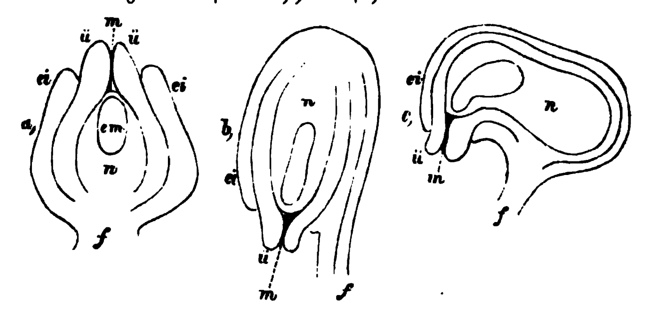


Figur 116. Verwachsung der Fruchtblätter: a aus der Verwachsung von fünf Fruchtblättern entstandener einfächeriger Fruchtknoten, b unvollkommen mehrfächeriger, c d e mehrfächerige Fruchtknoten. Bei d und e beteiligt sich die Blütenachse an der Bildung der Fächer, bei e entstehen die Fächer allein durch die leistenartigen Vorsprünge, die von der Blütenachse ausgehen.

jetzt **unvollkommen mehrfächerig** (Figur 116 b). Rollen oder falten sich endlich die Ränder jedes Fruchtblattes soweit ein, daß sie sich in der Mitte

(Figur 119 b). Ist endlich der Träger umgebogen, eine Verwachsung desselben mit der Samenknospe aber nicht eingetreten, so nennt man sie **krummläufig** (campylotrop) (Figur 119 c). Am häufigsten kommen anatrope Samenknospen vor.

Der innerste und wichtigste Teil der Samenknospe, der **Knospenkern**, besteht aus einem zarten parenchymatischen Gewebe. Er wird von zwei



Figur 119. Samenknospen, schematisch nach Prantl: a geradläufige, b gegenläufige, c krummläufige; ei äußere Hülle, ii innere Hülle, m Mikropyle, n Knospenkern, em Embryosack (s. w. u.), f Knospenträger.

Hüllen umgeben, die sich über dem Scheitel des Knospenkerns zusammenwölben, aber nicht schließen, sondern eine Öffnung, die **Mikropyle**, übrig lassen, durch welche die Spitze des Knospenkerns mit dem Hohlraume des Fruchtknotens in offener Verbindung steht.

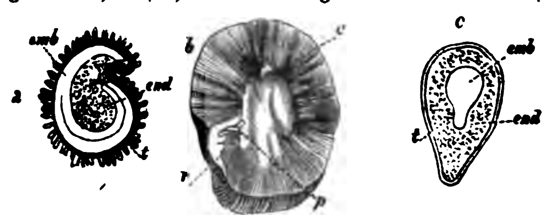
e) Der Same. (Semen).

Aus den Samenknospen bildet sich nach dem Befruchtungsvorgange (den wir im nächsten Kapitel eingehender besprechen werden) der Same. Dabei wird aus den vorhin genannten Hüllen der Samenknospe die **Samenschale** (Integumentum), aus dem Knospenkern der **Samenkern** (Nucleus).

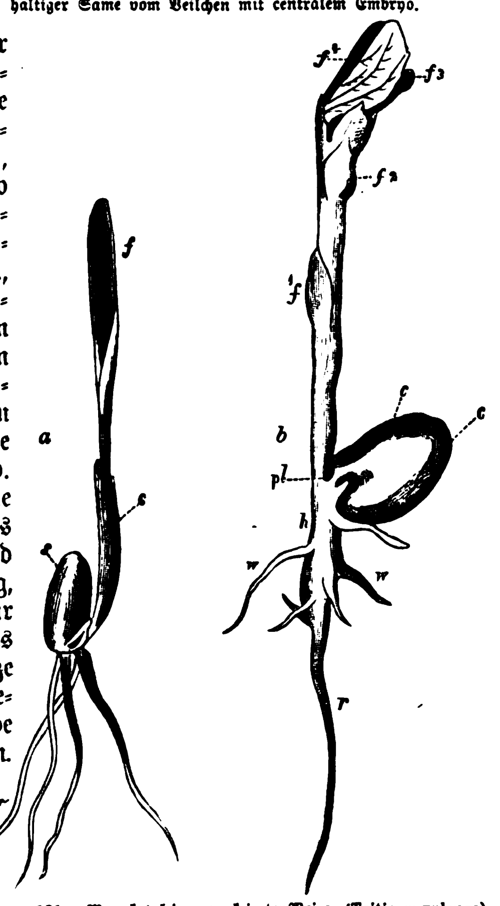
Die **Samenschale** (Figur 120 t), welche, den beiden Samenknospenhüllen entsprechend, in der Regel deutlich zwei Schichten erkennen läßt, ist von sehr verschiedener Konsistenz: bald häutig, bald fleischig, bald lederartig, bald knochenhart. In dem einen Falle ist sie kahl, im anderen behaart; oder sie ist wohl auch mit schuppenartigen Anhängen oder selbst mit Flügeln versehen (Bignonia, Paulownia). Gewöhnlich haben dergleichen Anhängsel den Zweck, der Verbreitung der Samen Vorschub zu leisten; es sind Aussäungsvorrichtungen.

Hierbei möchte ich zugleich noch anderer Anhängsel erwähnen, die den Samen teilweise umhüllen, aber ihre Entwickelung nicht von diesem selbst, sondern von seinem Träger aus nehmen. Es sind dies Gebilde verschiedener Art, die unter der Bezeichnung **Samenmantel** (Arillus) auftreten: beim Taxus z. B. als offene, fleischige Beere, bei der Weide als ein Kranz von weichen, seidenartigen Haaren, bei der Muskatnuß als ein solcher von schmalen, vielfach zerschlitzten Zipfeln (unter dem Namen Muskatblüte als Gewürz im Handel).

Der Samenkern (Figur 120) besteht in der Regel aus dem Eiweiß (Albumen) und dem Keimling (Embryo). Das Eiweiß wird von einem parenchymatischen Gewebe gebildet, in dessen Zellen eine Menge Reservestoffe abgelagert sind, die zur ersten Ernährung des Keimlings dienen. Nur in den seltensten Fällen kommt das Sameneiweiß gar nicht zur Entwickelung; sehr oft wird es aber vor der Samenreife schon vom Keimling aufgezehrt, und der Same heißt dann eiweißlos, im Gegensatze zu dem eiweißhaltigen, in dem es sich neben dem Embryo auch nach der Samenreife noch vorfindet. Bei den Schmetterlingsblütlern, also der Bohne, Erbse ꝛc., enthält z. B. der reife Samenkern niemals Eiweiß; er wird nur allein vom Embryo gebildet. Dagegen findet sich dergleichen bei den Nelkengewächsen. Beim Durchschneiden des Samens zeigt das Eiweiß, je nach der Pflanzengattung resp. Familie, eine sehr verschiedene Beschaffenheit. Bald erscheint es hart und spröde wie Horn, bald knorpelig, bald fleischig, bald mehlig, bald ölig. Der Embryo (Figur 120 emb und 121) ist nichts Anderes, als die zukünftige Pflanze selbst, welche nur günstiger Bedingungen harrt, um die Wände ihres Gefängnisses zu sprengen. Bis zu einem gewissen Grade sind an ihm schon Stamm, Blätter und Wurzel ausgebildet. Am augenfälligsten werden uns am Keimlinge gewöhnlich die ersten Blattorgane, die Keimblätter oder Samenlappen (Kotyledonen), die oft dick und



Figur 120. Samendurchschnitte: a, Eiweißhaltiger Same von der Sternmiere (Stellaria): emb der ringförmig gekrümmte peripherische Embryo, end das Sameneiweiß (Endosperm), t die Samenschale; b eiweißloser Same der Saubohne (Vicia Faba), Samenschale abgezogen: c Samenblatt, r Würzelchen, p Federchen oder Knöspchen; c eiweißhaltiger Same vom Veilchen mit centralem Embryo.



Figur 121. a Monokotylebone: gekeimter Weizen (Triticum vulgare), c das einzige scheidige Keimblatt (Cotyledo), s Samenkern; b Dikotylebone: gekeimte Saubohne (Vicia faba), r Hauptwurzel, w Nebenwurzel, h hypokotyles Stengelglied, c Keimblatt, (c c die beiden Keimblätter), pl Knöspchen, das allmählich die Stengelglieder und Blätter entwickelt, f^1 f^2 f^3 f^4 die Blätter, welche nach und nach in immer vollkommnerer Gestalt erscheinen (n. Leunis).

fleischig, oft aber auch dünn und blattartig sind. Entweder treten sie zu zweien auf und stehen dann einander gegenüber, oder es findet sich nur ein einziges vor. Gewöhnlich zeigen sie die allereinfachste Gestalt und erinnern kaum an die künftigen Laubblätter. Die dickeren und fleischigeren bleiben beim Keimen in der Regel unter dem Boden zurück; erheben sie sich über denselben, so ergrünen sie unter dem Einflusse des Lichtes. Die Keimblätter sitzen beim Keimlinge einer Achse an, von der man das untere Ende als Würzelchen (Radicula), das obere als Federchen oder Knöspchen (Plumula) unterscheidet. Zum Würzelchen gehört aber nicht der ganze unterhalb der Samenlappen befindliche Teil, da das diesen zunächstgelegene Stück das erste Stengelglied (das hypokotyle Glied) darstellt, welches die Samenlappen trägt. Das Federchen kann am Keimlinge sehr verschieden entwickelt sein. Während es in dem einen Falle, wie z. B. bei dem Bilsenkraute (Hyoscyamus niger) nichts weiter als den kleinen Vegetationspunkt aufzeigen kann, besitzt es in dem anderen, z. B. bei der Akazie (Acacia), schon mehrere von den nach den Samenlappen sich entwickelnden Blättern.

Im Samen liegt der Embryo entweder gerade oder gekrümmt. Die Krümmung kann wieder verschiedener Art sein, und zwar kreisförmig, wie bei der Kornrade und Sternmiere, spiralig, wie beim Bilsenkraute; oder es kann das Würzelchen auch nur einfach umgeschlagen sein, wie bei der Saubohne. Was endlich die Lage des Keimes im Eiweiß anlangt, so kann er die Mitte des Samens einnehmen und rings vom Eiweiß umschlossen werden (zentrale Lage — beim Veilchen [Viola]), oder er kann das Eiweiß rings umschließen (peripherische Lage — bei der Rade [Agrostemma]), und Miere (Stellaria), oder aber er kann sich außerhalb desselben, also zwischen Schale und Eiweiß befinden (exzentrische Lage — bei dem Mondsamen [Menispermum]). Man vergleiche hierbei Figur 120.

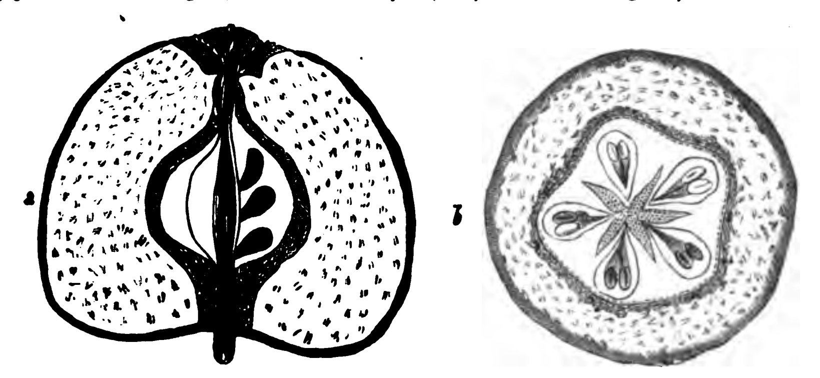
Nach den Samenlappen teilt man die bedecktsamigen (angiospermen) Pflanzen (d. s. diejenigen, welche ihre Samen im Gegensatze zu den Gymnospermen [S. 126] in einem geschlossenen Fruchtknoten entwickeln) in einsamenlappige Pflanzen (Monokotyledonen), wenn das einzige nach oben spitz zulaufende Keimblatt das Federchen scheidenartig einhüllt, und in zweisamenlappige Pflanzen (Dikotyledonen), wenn der Keimling zwei einander gegenüberstehende elliptische Keimblätter trägt.

Schließlich sei noch bemerkt, daß auch die gymnospermen Pflanzen Keimblätter tragen, und zwar sehr oft in größerer Zahl als die angiospermen, da die Kotyledonen nicht selten einen drei-, vier-, sechs-, neun- und mehrgliederigen Quirl bilden. Der Keimling der gemeinen Kiefer hat beispielsweise sechs Keimblätter.

Der Same macht gewöhnlich, ehe er keimt, eine kürzere oder längere Ruheperiode durch. Diese Ruheperiode kann unter Umständen sehr lang ausgedehnt werden, und während derselben kann der Same bis zu einem hohen Grade austrocknen, ohne seine Keimkraft zu verlieren.

f) Die Frucht.

Indem sich die Samenknospen zu Samen ausbilden, gestaltet sich der Fruchtknoten zur Frucht um. Dabei werden die Fruchtblätter zur Fruchthülle (Pericarpium). Beteiligen sich an der Bildung derselben nur die Fruchtblätter, so bezeichnet man die Frucht als echte Frucht; nehmen an ihrer Bildung aber noch andere Organe teil, nennt man sie Scheinfrucht. So ist die sogenannte Kernfrucht, wie wir sie im Apfel, in der Quitte (Figur 122) u. dergl. finden, eine Scheinfrucht. Aus den Fruchtblättern ent-



Figur 122. a Längsschnitt, b Querschnitt der Quittenfrucht (Cydonia vulgaris), in der Mitte das von 5 Fruchtblättern gebildete Kernhaus zeigend, das in jedem der fünf Fächer zwei Samenreihen einschließt.

steht hier nur das Kernhaus, das aber von dem Fleisch gewordenen Fruchtboden, oder Kelche, wie andere meinen, rings umwachsen wird. Eine andere Scheinfrucht ist die Hagebutte der Rose. Hier ist der Fruchtboden zu einem krugförmigen Gebilde umgestaltet, in dem die eigentlichen Früchte in großer Zahl sitzen. Bei der Ananas wird die fleischige Masse, also die Scheinfrucht, von den Deckblättern des Blütenstandes gebildet.

In einer Blüte mit einem Fruchtknoten kann natürlich auch nur eine Frucht entstehen, in solchen mit mehreren bis vielen können sich aber soviele Früchte entwickeln, als Fruchtknoten vorhanden sind. Stehen im letzteren Falle die Früchte so dicht beieinander, oder sind sie derartig miteinander vereint, daß sie in ihrer Vereinigung ein Ganzes bilden, so bezeichnet man sie als Sammelfrucht. Dergleichen bringen Him- und Brombeere hervor. Die Hagebutte ist Schein- und Sammelfrucht zu gleicher Zeit; ebenso die Erdbeere, deren Fruchtboden das kugelförmige, saftige Fleischgebilde erzeugt, in das die eigentlichen Früchtchen eingesenkt sind.

Die Früchte lassen sich 1) in solche mit trockener und 2) in solche mit fleischiger Fruchthülle einteilen. Die trockenen Früchte sind wieder entweder Schließfrüchtler, sobald sich die Fruchthülle nicht öffnet, oder Springfrüchtler, sobald dieselbe aufspringt.

1 a. Zu den ersteren gehören: Die Schalfrucht (Caryopsis) der Gräser. Sie entsteht stets aus einem oberständigen Fruchtknoten, zeigt eine vollständige Verwachsung von Fruchthülle und Samen und ist von anderen, ähnlichen Schalfrüchten leicht an der tiefen Längsrinne zu erkennen, die auf ihrer

Oberfläche verläuft. Als die allen unseren Getreidearten zukommende Frucht ist sie allgemein bekannt.

Das Nüßchen (Achaenium). Dasselbe entsteht aus einem oberständigen Fruchtknoten, ermangelt der Längsfurche und trägt sehr oft auf seinem Scheitel einen Pappus. Hierher gehören vor allem die Früchtchen der Korbblütler, ferner aber auch die Früchtchen, welche sich durch Einschnürung zu je vier aus dem Fruchtknoten der Lippenblütler bilden.

Die Nuß (Nux), eine Frucht mit dicker, verholzter Hülle, von welcher der reife Same, ohne mit ihr verwachsen zu sein, eingeschlossen wird. Hierher gehören Haselnuß, Eichel. Am Grunde haben die Nüsse gar nicht selten eine von Hochblättern gebildete Hülle, einen sogenannten Becher.

Die Flügelfrucht (Samara) unterscheidet sich von der Nuß dadurch, daß die Fruchthülle einen starken breiten Rand trägt, der entweder die Frucht rings umgiebt oder ihr nur einseitig ansitzt. Sie findet sich bei Birke, Ulme, Esche.

Die Spaltfrucht, Doppelachäne Diachaenium, zerfällt bei der Reife in zwei von einem Fruchtsäulchen getragene Teilfrüchtchen. Oft sind dieselben ebenfalls mit seitlichen, häutigen Fortsätzen (Flügeln) versehen, (die verschiedenen Arten vom Ahorn [Acer]), oft tragen sie aber auch auf ihrer Oberfläche eine Anzahl von Rippen bez. Leisten, welche von dem Anheftungspunkte nach dem Scheitel verlaufen und nicht selten wieder dornige Vorsprünge zeigen. Dergleichen Früchte haben die sämtlichen Doldengewächse aufzuweisen.

1 b. Zu den trockenen Früchten mit aufspringender Fruchthülle sind zu stellen:

Die Balgfrucht, Balgkapsel (Folliculus) mit einer von einem einzigen Fruchtblatte gebildeten, stets einfächerigen Hülle, die aber einen oder mehrere Samen (welche im letzteren Falle in Längsreihen angeordnet sind) einschließen kann. Sie öffnet sich stets nur an einer Seite, an der Bauchnaht.

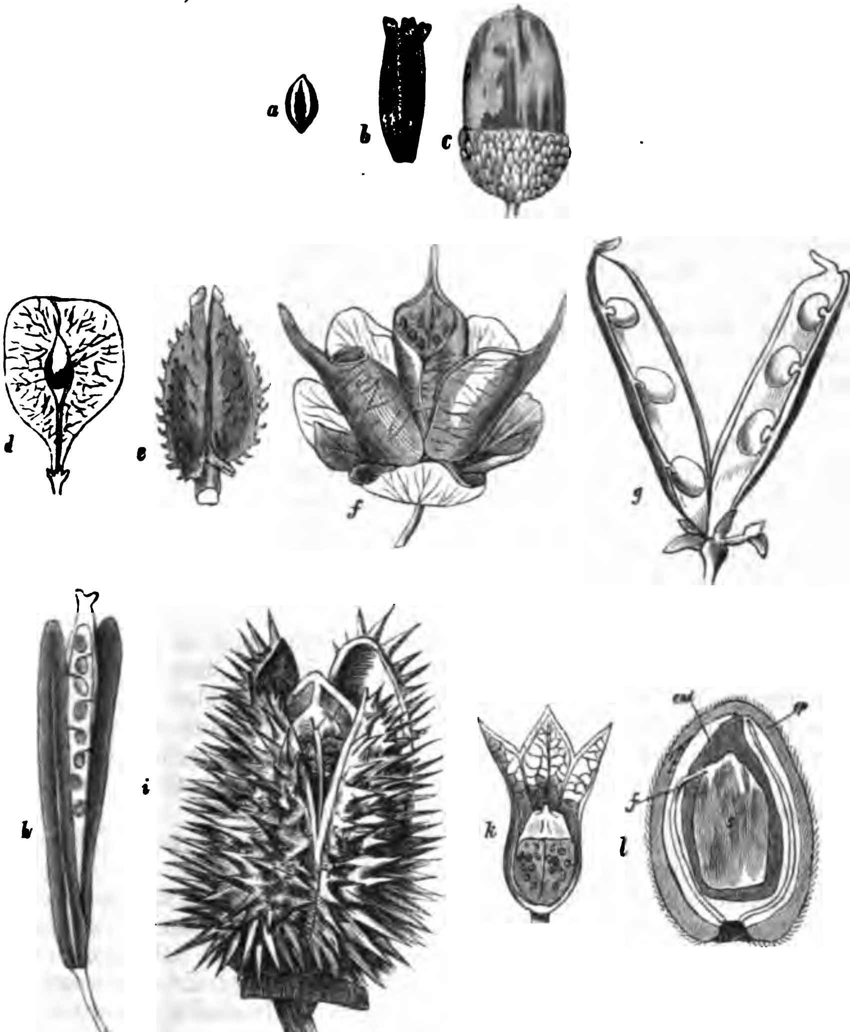
Durch letzteres Merkmal ist die Hülse (Legumen) von ihr verschieden, die an Bauch und Rücken aufspringt. Balgfrüchte zeigen Hahnenfuß, Rittersporn, Päonie; Hülsen die sämtlichen Schmetterlingsblütler.

Die Schote (Siliqua) wird von zwei Fruchtblättern gebildet und ist im Innern durch eine Scheidewand in zwei Fächer geteilt, in welchen die Samen je in einer oder zwei Längsreihen angeordnet sind. Das Aufspringen erfolgt durch zwei Längsspalten und zwar in der Weise, daß die häutige Scheidewand auf dem Fruchtstiele stehen bleibt. Ist die Schotenfrucht lang und schmal, so bezeichnet man sie als Schote im engeren Sinne, ist sie dagegen im Verhältnis zu ihrer Länge ziemlich breit oder wohl auch so lang als breit, so nennt man sie Schötchen.

Schotenfrüchte tragen alle Kreuzblütler, und zwar: der Ackersenf, der Raps, der Levkoi Schoten, der Leindotter, das Täschelkraut, die Schleifenblume Schötchen.

Eine Form der Hülse sowohl, als der Schote zeigt sich abwechselnd verdickt und dann wieder eingeschnürt, so daß im Innern so viel Fächer vorhanden, als außen Verdickungen wahrnehmbar sind. Man bezeichnet dieselbe als Gliederhülse, bez. als Gliederschote. Beide Fruchtformen

springen nicht auf, sondern brechen an den eingeschnürten Stellen einfach voneinander. Gliederhülsen haben Vogelfuß, Hufeisenkraut; Gliederschoten Acker- und Gartenrettich.



Figur 123. a Schalfrucht vom englischen Weizen (Triticum turgidum), b Nüßchen von der Färberkamille (Anthemis tinctoria) c Nuß von der Wintereiche (Quercus Robus), d Flügelfrucht der Feldrüster (Ulmus campestris), e Spaltfrucht des Waldkerbels (Anthriscus silvestris), f Balgfrucht der schwarzen Nießwurz (Helleborus niger), g Hülse der Erbse (Pisum sativum), h Schote vom Goldlack (Cheiranthus Cheiri), i Kapsel in 4 Klappen aufspringend vom Stechapfel (Datura stramonium), k Kapsel mit Deckel sich öffnend vom Bilsenkraut (Hyoscyamus niger), l Steinfrucht des Mandelbaumes (Amygdalus communis) durchschnitten, s Samen, f Träger (Funiculus), end (Endokarp) innere, ep (Epikarp) äußere Fruchthülle. An der äußern Fruchthülle läßt sich wieder ein fleischiger Teil (Mesokarp) und ein denselben bedeckender häutiger Teil (das Epikarp im engern Sinne) unterscheiden.

Die **Kapsel** (Capsula) ist eine von zwei oder mehreren Karpellen gebildete Frucht, die bald kugelig, bald eiförmig, bald ellipsoidisch, sehr selten

lang und dünn, niemals aber plattgedrückt, wie Hülse oder Schote, vorkommt, und stets eine größere Menge Samen enthält. Am häufigsten wird die Kapsel von zehn bez. fünf Fruchtblättern gebildet, doch kommen auch solche mit zwei, drei und vier Fruchtblättern nicht selten vor. Die Kapsel der Kornrade besteht aus fünf, die des Stechapfels aus vier, die des Stiefmütterchens (Viola tricolor) aus drei, die des Fingerhutes (Digitalis) aus zwei Fruchtblättern.

Die Öffnungsweise der Kapseln ist außerordentlich verschieden. Durch Klappen von oben nach unten der Länge nach springen auf: Stechapfel, Baumwolle, Schwertlilie, Syringe; durch Zähne, indem die Fruchtblätter sich nur ein Stück von obenherein trennen: die doldenblütige Spurre (Holosteum umbellatum); durch Deckel (die Lösung erfolgt rund um die Kapsel herum): das Gauchheil (Anagallis), der Wegerich (Plantago), das Bilsenkraut (Hyoscyamus); durch Löcher, die an den Seiten der Fruchtblätter entstehen: Mohn (Papaver), Glockenblume (Campanula). Die lange, dünne, vierkantige Kapsel des Weidenröschens könnte man wegen ihrer Ähnlichkeit mit einer Schote wohl auch Schotenkapsel nennen.

2. Früchte mit fleischiger Hülle.

Hierher gehört zunächst die Steinfrucht (Drupa), eine einsamige Frucht, bei welcher die innere Schicht der Fruchthülle, das Endocarpium, gänzlich verholzt und dadurch in einen Steinkern (Putamen) umgewandelt wird. Die äußere Schicht, das Epicarpium, kann dabei saftig sein wie bei Kirsche, Pflaume, Pfirsiche (Steinobst) oder trocken und faserig wie bei der Cocosnuß (Cocos nucifera), oder auch lederartig wie bei der Wallnuß (Juglans regia).

Die Beere (Bacca) ist eine ebenfalls saftige und in der Regel einfächerige, aber mehrsamige, nicht aufspringende Frucht. Von der Steinfrucht unterscheidet sie die Mehrzahl der Samen und das Fehlen des verholzten Endokarpiums. Eine sehr große Beere mit dickem Epikarpium ist die Kürbisfrucht (Kürbis, Gurke, Melone). Eine vielfächerige Beere stellt die Apfelsinenfrucht dar, ebenso die Apfelfrucht, welche letztere aber — wie schon bemerkt — gar nicht zu den echten Früchten gehört.

Endlich giebt es auch saftige Springfrüchte, welche beim Öffnen die in einen Fruchtbrei eingebetteten Samen herausschleudern. Hierher gehört die Vexiergurke (Ecbalium officinale), die karthaginiensische Eselsgurke (Elaterium carthaginiense), der Balsam-Springkürbis (Momordica balsamina) u. a. m. Die Springfrucht der wilden Balsamine, des „Kräutchen rühr' mich nicht an“, könnte man wohl am besten eine saftige Schote nennen.

Anhäufungen von Früchten, welche früheren Blütenständen entsprechen, nennt man Fruchtstände und bezeichnet sie ganz wie jene als Ähren, Trauben, Dolden ꝛc.

Bei den Nadelhölzern läßt sich von einer Frucht nicht sprechen, da sie keine Fruchtknoten besitzen, die in Früchte umgewandelt werden können; sie haben nur Samenstände aufzuweisen. Tannen-, Fichten- und Kieferzapfen sind Samenstände.

Viertes Kapitel.

Die pflanzlichen Lebenserscheinungen und Lebensbedingungen.

1. Die Ernährung.

Die Nährstoffe.

Die Pflanze bedarf zur Ernährung einer Anzahl Stoffe, die ihr von der Luft, die sie umgiebt, von dem Wasser, das ihre Wurzeln bespült, von dem Boden, aus dem sie hervorsproßt, unmittelbar dargeboten werden. Sie ist nach dieser Beziehung hin glücklicher daran, als das Tier, das oft große Anstrengungen machen, weite Jagdzüge unternehmen muß, um die zu seiner Erhaltung notwendigen Nährstoffe zu gewinnen.

Die Stoffe, welche der Pflanze von den sie umgebenden Mitteln entgegengebracht werden, sind äußerst mannigfaltig. Um nun aber festzustellen, welche von diesen verschiedenen Luft-, Wasser- und Bodenbestandteilen als wirkliche Nährstoffe zu gelten haben, schlug man zwei verschiedene Wege ein. Davon ausgehend, daß die Bestandteile, die in den meisten bez. in allen Pflanzen auftreten, auch allgemeine Pflanzennahrungsmittel sein müssen, suchte man zunächst durch eine sorgfältige chemische Analyse, der die verschiedensten Pflanzen unterworfen wurden, festzustellen, welches die allen gemeinsamen chemischen Bestandteile seien. Im anderen Falle stellte man die verschiedenartigsten Pflanzenkulturen in wäßrigen Lösungen an, d. h. man zog Pflanzen in Lösungen von ganz bestimmter Zusammensetzung und Konzentration und suchte nun durch die verschiedenartigsten Abänderungen, die man bei dergleichen Versuchen eintreten ließ, zu ergründen, welche Stoffe unbedingt vorhanden sein müssen, wenn die Pflanze sich nach jeder Beziehung hin normal entwickeln und besonders normale Blüten, Früchte und keimfähige Samen hervorbringen soll.

Auf dem ersten Wege fand man zuvörderst, daß jeder Pflanzenteil im lebenden Zustande von einer bedeutenden Menge Wasser durchtränkt wird. Keimpflanzen enthalten nach Verbrauch der Nährstoffe Wasser meist bis zu $^{9}/_{10}$ des Lebendgewichts; später fällt es auf $^{4}/_{5}$ bis $^{2}/_{3}$. In untergetauchten Pflanzen kann die Wassermenge $^{9}/_{10}$ noch übersteigen und $^{19}/_{20}$

erreichen. Die geringste Wassermenge, nur etwa 1/9, enthalten reife Samen, und auch davon können sie noch einen Teil abgeben, ohne der Keimfähigkeit verlustig zu gehen.

Entzieht man den lebenden Pflanzenteilen bei 100—110°C das Wasser d. h. setzt man sie dieser Temperatur solange aus, bis kein weiterer Gewichtsverlust eintritt, so erhält man eine zerreibliche Masse, die Trockensubstanz, die bei Glühhitze unter Sauerstoffzutritt verbrennt, wobei Kohlensäure und Wasserdampf entweichen. Nach dem Verbrennen bleibt eine geringe Menge Asche, meist nur wenige Prozente der Trockensubstanz ausmachend, zurück. Den größten Teil derselben bilden also verbrennliche Stoffe.

Durch sorgfältige Untersuchung der beim Verbrennen entweichenden Gase sowohl, als auch der zurückbleibenden Asche hat nun der Chemiker nachgewiesen, daß die verbrennliche Substanz bei allen Pflanzen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel besteht, während der Aschenrückstand ausnahmslos Kalium, Kalcium, Magnesium, Eisen und Phosphor enthält.

Die obengenannten Grundstoffe, denen vielleicht noch Chlor hinzuzufügen sein dürfte, können wir, weil sie in jeder Pflanze ausnahmslos vorkommen, mithin niemals fehlen, als notwendige Pflanzennährstoffe bezeichnen.

Für gewöhnlich sind neben ihnen aber noch verschiedene andere Grundstoffe vorhanden, wie Silicium, Natrium, Lithium, Mangan (in seltenen Fällen und unter besondern Umständen auch eine Anzahl weiterer Metalle, wie Aluminium, Kupfer, Zink, Kobalt, Nickel 2c.), sowie Fluor, Jod, Brom. Ihr Vorkommen ist aber keineswegs ein allgemeines, und sie sind nur als zufällige Bestandteile aufzufassen, infolgedessen natürlich auch keine Pflanzennährstoffe. Höchstens könnte man bez. der letzten beiden (des Jod und Brom) unentschieden lassen, ob sie nicht vielleicht für Meerespflanzen unentbehrlich seien.*)

Wie schon angedeutet, nehmen die erstgenannten Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel den größten Anteil an Bildung der Pflanzensubstanz; sie machen den Hauptbestandteil der Zellwände, wie des Zellinhalts aus; sie sind also die eigentlichen Baustoffe. Die übrigen, die sich in den Aschenrückständen finden und deshalb als Aschenbestandteile bezeichnet werden können, scheinen hauptsächlich bei den chemischen Umsetzungen in der Pflanze beteiligt zu sein; sie geben wahrscheinlich den Anstoß, daß gewisse Zersetzungen bez. Neubildungen eintreten, infolge deren dann das eigentliche Baumaterial, wie Zellstoff u. dergl. erst in größerer Menge entsteht.

Die der Pflanze zur Ernährung dienenden Grundstoffe werden ihr aber niemals als solche, sondern nur in Verbindungen geboten, die die höchstmögliche Sauerstoffmenge enthalten.

Den größten Teil der Pflanzensubstanz macht der Kohlenstoff aus. Ihn gewinnt die Pflanze einzig und allein aus der Kohlensäure der Atmosphäre, trotzdem in derselben nur 0,04 Proc. enthalten ist, und zwar sind es — wie schon

*) Für die Anwesenheit kleiner Mengen von Fluor in den Pflanzen ist bis jetzt der chemische Nachweis noch nicht erbracht worden. Man schließt dieselbe einfach daraus, daß sich in den Zähnen der Tiere bez. des Menschen, die sich unmittelbar oder mittelbar von Pflanzenstoffen nähren, Fluorkalcium anhäuft.

früher bemerkt — die chlorophyllhaltigen Zellen, welche unter dem Einflusse des Sonnenlichtes dieses Gas zerlegen und bei Gegenwart von Wasser unter Abscheidung eines gleichen Volumens Sauerstoff aus seinen Elementen organische Verbindungen erzeugen. Chlorophyllfreie, also nichtgrüne Pflanzen sind nicht imstande, die Kohlensäure zu zersetzen und können infolgedessen den nötigen Kohlenstoff nur in organischer Form aufnehmen. Sie leben daher entweder an und auf anderen Pflanzen als Schmarotzer, oder sie sind Humusbewohner und nähren sich von den in Zersetzung begriffenen Körpern bez. Körperteilen abgestorbener Pflanzen. Das Erstere thun die große Zahl der Schmarotzerpilze, ferner von Phanerogamen die Flachsseide (**Cuscuta**), die Schuppenwurz (**Lathraea**), der Hanfwürger (**Orobanche**), die fast ausnahmslos den Tropen angehörigen Balanophoreen u. a. Zu den letzteren, den Humusbewohnern, gehören die großen Pilze (die sogenannten Schwämme), sowie zahlreiche Orchideen (Nestwurz **Neottia nidus avis** u. a.), der Fichtenspargel (**Monotropa hypopitys**) u. s. w. Da nur die grüne Pflanze Kohlenstoff zu assimilieren vermag, müssen also alle Kohlenstoffverbindungen mittelbar oder unmittelbar ihren Ursprung in den chlorophyllhaltigen Organen der Pflanzen nehmen.

Den **Wasserstoff**, der ebenfalls in allen organischen Verbindungen enthalten ist, der aber als Gewichtsteil der pflanzlichen Trockensubstanz weit hinter den Kohlenstoff zurücktritt, gewinnt die Pflanze wohl zumeist durch eine Zersetzung des Wassers, welche gleichzeitig mit der Kohlensäurezersetzung innerhalb der chlorophyllhaltigen Zellen am Sonnenlichte vor sich geht; ein kleiner Teil des in den stickstoffhaltigen Verbindungen befindlichen Wasserstoffes dürfte jedoch auch aus Ammoniak erhalten werden.

Der **Sauerstoff**, welcher nach dem Kohlenstoffe den größten Teil der pflanzlichen Trockensubstanz ausmacht, wird auf die verschiedenste Weise und in sehr bedeutender Menge in die Pflanze eingeführt. Es geschieht dies in Form von Wasser, Kohlensäure, Sauerstoffsalzen ꝛc. Die grünen Pflanzenteile scheiden aber sehr große Mengen davon wieder in die Atmosphäre aus. Neben dieser Sauerstoffabscheidung findet jedoch auch eine Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoffe statt, bei welcher auf Kosten organischer Substanz Kohlensäure gebildet wird. Neben einem Desoxydationsprozesse, also neben dem Vorgange, bei welchem unter Abscheidung von Sauerstoff aus Kohlensäure und Wasser pflanzliche Substanz gebildet wird, geht ein Oxydationsprozeß, also ein der tierischen Atmung ähnlicher Vorgang einher.

Den **Stickstoff**, der zur Bildung des pflanzlichen Protoplasma unumgänglich nötig ist, der aber auch einen wesentlichen Bestandteil der Pflanzenalkaloide und des im Pflanzenreiche so verbreiteten Asparagins ausmacht, entnimmt die Pflanze nicht der atmosphärischen Luft, trotzdem das atmosphärische Stickgas, mit Sauerstoff gemengt, die Intercellularräume erfüllt und von da aus selbst in die Gewebesäfte eindringt, sondern sie gewinnt es nur aus den Ammoniak- bez. Salpetersäureverbindungen des Bodens oder überhaupt des Mittels, in dem sie vegetiert.

Der **Schwefel** endlich wird in Form löslicher schwefelsaurer Salze, jedenfalls hauptsächlich als schwefelsaurer Kalk aufgenommen.

Während die bisher besprochenen Grundstoffe sich in größerem oder geringerem Maße an der Zusammensetzung der Pflanzensubstanz selbst be-

teiligen, ist dies bei dem **Kalium**, **Kalcium**, **Magnesium**, **Eisen** und **Phosphor** nicht der Fall. Von einigen wissen wir, daß sie in näherer Beziehung zu gewissen pflanzlichen Lebensverrichtungen stehen; so vom **Eisen**, daß es für die Ausbildung des grünen Farbstoffes unentbehrlich ist, den es auch selbst mit bilden hilft; vom **Kali**, daß es auf die Pflanzensubstanz erzeugende, also assimilierende Thätigkeit des Chlorophylls einwirkt. Ohne Eisen giebts demnach kein Ergrünen der Pflanzenteile, ohne Kali keine stoffbildende Thätigkeit derselben. Für die übrigen Elemente, die als phosphorsaure, schwefelsaure oder salpetersaure Salze oder als Chloride in die Pflanze eintreten, sind Beziehungen zu ganz bestimmten Lebensvorgängen nicht bekannt, nur vom **Phosphor** ists sehr wahrscheinlich geworden, daß er zur Bildung der Eiweißstoffe oder überhaupt der stickstoffhaltigen Substanzen in ähnlicher Beziehung steht, wie das Kali zur Bildung der stickstofffreien.

Das Silicium, obwohl es in Form von Kieselerde nicht selten den **Hauptteil** der Pflanzenasche ausmacht, muß man als für die Pflanze vollständig gleichgültig ansehen, zumal die Kulturversuche in wässerigen Lösungen ausnahmslos zeigten, daß sich alle Entwicklungsvorgänge der Pflanze auch ohne die Gegenwart von Kieselerde normal vollziehen. Die Einlagerung derselben in die Zellwände scheint in der Regel erst dann stattzufinden, wenn diese schon fertig gebildet worden sind. Nichtsdestoweniger kann sich die Kieselerde dann aber in solchen Mengen ansammeln, daß sie nach Zerstörung der organischen Substanz, z. B. durch Verbrennen, als ein vollständiges Skelett von der Struktur der Zellhaut übrigbleibt. Dergleichen Zellhautskelette lassen sich von Schachtelhalmen, besonders aber von Diatomeen sehr leicht herstellen. Die Diatomeen, wie sie als Probeobjekte für Mikroskope oder überhaupt in mikroskopischen Präparaten zum Verkauf geboten werden, sind nur noch solche Zellhautskelette.

Die Form, in welcher die Nährstoffe ihren Eingang in den mundlosen Pflanzenkörper finden, ist die des gasförmigen oder tropfbarflüssigen Aggregatzustandes. Feste Körper können als solche natürlich nicht aufgenommen werden, sie müssen vorher in Lösung übergehen. Auch Gase müssen, um als Nährstoffe dienen zu können, vorher von dem Zellsafte oder von dem die festen Bestandteile durchtränkenden Wasser (der Imbibitionsflüssigkeit) absorbiert werden.

Am einfachsten gestalten sich die Vorgänge der Aufnahme bei untergetauchten Wasserpflanzen, da diesen vom Wasser alles dargeboten wird, was sie zu ihrem Leben bedürfen: Sauerstoff und Wasserstoff in dem umgebenden Medium, dem Wasser selbst, Kohlenstoff in der Kohlensäure, die das Medium absorbiert hat, Stickstoff, sowie die Aschenbestandteile in den Salzen, die das Wasser gelöst enthält. Bezüglich der Nährsalze, die in der Pflanze als Aschenbestandteile auftreten, ist hierbei ganz besonders hervorzuheben, daß sie in den Lösungen, die die Pflanze zu ihrer Ernährung braucht, nur in ganz geringen Mengen enthalten sein dürfen.

Weit verwickelter sind natürlich die Verhältnisse, unter denen eine Landpflanze lebt. Hier werden Stengel und Blätter nur von atmosphärischer Luft umgeben, welche, wie schon erwähnt, im Mittel nicht mehr als 0,0004 Kohlensäure enthält, und die Wurzel haftet allein im Erdboden, der sowohl nach seiner physikalischen Beschaffenheit, als auch nach seiner chemischen

Zusammensetzung die größten Verschiedenheiten aufzuweisen vermag. Von dem Fels, auf dem eben der erste Anflug von Flechten erschienen ist, bis zu dem wohlgepflegten fetten Gartenboden giebt es eine ununterbrochene Stufenleiter von Bodenarten.

Untersuchen wir den gewöhnlichen Ackerboden etwas näher, so finden wir zunächst feste Bestandteile und eine diesen anhaftende wässerige Lösung, die Bodenflüssigkeit oder das Bodenwasser. Die festen Bodenbestandteile sind teils mineralischer, teils organischer Art. Die ersteren bestehen aus größeren oder kleineren Gesteinbrocken und einer zwischen diesen befindlichen feinerdigen Masse, also aus dem Bodenskelett und der Feinerde. Die letzteren werden von den abgestorbenen, in Zersetzung befindlichen tierischen und pflanzlichen Körpern, die dem Erdboden einverleibt worden sind, gebildet und in ihrer Gesamtheit gewöhnlich als Humus bezeichnet. Sie geben dem Boden die dunkle Färbung und lösen sich allmählich in Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure auf. Die Zusammensetzung des Ackerbodens ist natürlich von den unterliegenden Gesteinen abhängig, deren Verwitterungskruste er ausmacht oder von den Schlamm- bez. Erdschichten, die auf diesen Gesteinen zur Ablagerung kamen.

Von Mineralstoffen enthält der Boden am reichlichsten Kieselsäuresalze (Silikate), wie z. B. kieselsaure Thonerde, kieselsauren Kalk, kieselsaures Kali, kieselsaures Natron u. s. w. Weniger reichlich sind Kohlensäure-Salze (Karbonate) vertreten, wie kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, ferner Chloride, wie Chlorkalcium, Chlorkalium, Chlormagnesium oder Schwefelsäuresalze, wie schwefelsaurer Kalk, schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Natron u. s. w. Am seltensten finden sich die für die Pflanze so überaus wichtigen Salpetersäure- und Phosphorsäuresalze: salpetersaures Kali, salpetersaures Natron, salpetersaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Thonerde rc. Außerordentlich verbreitet und im Sandboden geradezu vorwiegend ist aber die freie Kieselsäure, der Quarz.

Die oben erwähnten Silikate sind teils saure, teils basische. Während die ersteren einen größeren Gehalt an Kieselsäure, Thonerde und Alkalien besitzen, sind letztere kieselsäureärmer, dagegen eisenhaltiger. Erstere finden sich besonders als Feldspath und Glimmer im Granit, Granulit, Gneis, Glimmerschiefer, in den verschiedensten Porphyren, in den Trachyten u. s. w., letztere, die kieselsäurearmen Feldspathe, wie Labrador, Anorthit, ferner Augit und Hornblende im Syenit, Melaphyr, Diabas, Dolert, Basalt.

Die ebenerwähnten Gesteine sind durch verschiedene physikalische und chemische Einwirkungen zunächst in größere, dann in kleinere und immer kleinere Trümmer zerklüftet worden; ja manche haben sich schließlich in ein feines Pulver, die oben genannte Feinerde, umgewandelt; sie sind verwittert. Leicht geschieht dies mit den feldspathigen Gemengteilen, schwer oder gar nicht mit Quarz und Glimmer. Ein Nutzbarwerden für die Pflanze kann nur erst nach völliger Verwitterung eintreten.

Man sollte nun meinen, die durch Verwitterung entstandenen löslichen Verbindungen oder auch die gebildete Feinerde müßten durch das Regenwasser nach und nach mit fortgenommen, in die Tiefe gespült und durch Bäche und Flüsse ins Meer geführt werden, so daß an der Oberfläche zuletzt nur ein grobes Skelett von Quarz und nicht zersetzten Kieselsäure-

verbindungen zurückbleibe. Dies ist aber glücklicherweise nicht der Fall. Die Ackererde hat vielmehr die Fähigkeit, lösliche Salze derart zu binden und festzuhalten, daß das Wasser nur eine Wenigkeit davon auszuziehen und fortzuführen imstande ist. Man bezeichnet diese Fähigkeit als Absorptionskraft. Ebenso hält sie auch die feinerdigen Bestandteile fest.

Werden dem Boden durch wiederholten Anbau von Nutzpflanzen bestimmte Nährstoffe dauernd entzogen, so verarmt er daran, und der Ertrag jener Nutzpflanzen wird sich immer mehr verringern, wenn nicht ein Ersatz stattfindet. Diesen Ersatz zu schaffen, ist Zweck der Düngung, wie sie vom Landwirt, Gärtner, Baumzüchter &c. ausgeübt wird.

Um festzustellen, in welcher Verbindung der oder jener Nährstoff in die Pflanze einzutreten am besten geeignet ist, also auch mit welchen Stoffen und in welcher Mischung die Düngung am vorteilhaftesten geschehen kann, haben sich die schon vorhin erwähnten Kulturen in wäßrigen Lösungen äußerst lehrreich erwiesen.

So läßt sich eine Pflanze z. B. vollständig ernähren, wenn sie auf ein Liter Wasser enthält:

saures phosphorsaures Kali	12	Milligramm
phosphorsaures Natron	12	„
Chlorkalcium	27	„
Chlorkalium	40	„
schwefelsaure Magnesia	20	„
salpetersaures Ammoniak	10	„
einige Tropfen Eisenchloridlösung.		

Die Aufnahme der Nährstoffe.

Sieht man von den untergetauchten oder schwimmenden Wasserpflanzen ab, die ihre gesamte Nahrung, also auch die Kohlensäure, aus dem umgebenden Wasser aufnehmen, und zwar mittelst ihrer ganzen oder doch wenigstens mittelst des größten Teiles ihrer Oberfläche, so wachsen die meisten der übrigen Pflanzen aus dem mehr oder weniger feuchten Erdboden hervor, dem sie mit Ausnahme der Kohlensäure die gesamten Nahrungsstoffe, die sie bedürfen, entziehen. Die Organe, deren sie sich hierbei bedienen, sind bei den höheren Pflanzen die Wurzeln, bei den niederen wurzellosen: Haare, Sprosse oder Thalluszweige, welche jener Stelle vertreten. An den Wurzeln hinwiederum spielen hierbei die wichtigste Rolle die Epidermiszellen, beziehentlich die Wurzelhaare.

Der Eintritt des Bodenwassers in diese letzteren erfolgt durch Diffusion oder Diosmose. Man versteht darunter diejenige Erscheinung, nach welcher zwei durch eine poröse Scheidewand (hier die Zellhaut) getrennte Flüssigkeiten sich gegenseitig durchdringen (miteinander diffundieren), bis die Konzentration auf beiden Seiten dieselbe ist. Das Eindringen der dichteren Flüssigkeit in die dünnere heißt Exosmose, das der dünneren in die dichtere Endosmose.

Bei der Pflanze muß infolge des im Verhältnis zum Bodenwasser außerordentlich konzentrierten Zellsaftes die Endosmose die Exosmose not-

wendigerweise um ein Vielfaches übertreffen, sodaß man sich gerade nicht besonders falsch ausdrücken würde, wenn man die Art des Eintritts als ein Aufsaugen bezeichnete.

Da nun aber höchst selten, sowie im Sumpf oder Morast, das Wasser die Bodenzwischenräume vollständig erfüllt, sondern in der Regel nur in ganz dünner Schicht den festen Bodenteilchen anhängt, genügt es zum Aufsaugen nicht, daß die feinen Wurzeln, beziehentlich deren Wurzelhaare in die Bodenzwischenräume eindringen; sie müssen vielmehr mit den Bodenteilchen vollständig verwachsen, so daß das Bodenwasser durch das Wasser, welches die Zellhäute der Wurzelrinde bez. der Wurzelhaare durchtränkt, mit den Zellsäften der Wurzel in unmittelbare Verbindung tritt. Es läßt sich diese Verwachsung auch sehr leicht beobachten. Zieht man eine kräftig wachsende Pflanze aus dem lockeren Gartenboden, so sieht man die mit Haaren besetzten Wurzelteile dicht mit Erdteilchen überzogen, die ohne Zerreißung der feinsten Würzelchen oder der Haare derselben nicht entfernt werden können. Aus diesem Grunde welken ja auch frischeingesetzte Pflanzen selbst in feuchtem Boden so lange, bis die neugebildeten Saugwürzelchen mittelst neuer Wurzelhaare mit einer größeren Menge Bodenteilchen verwachsen sind, genügend, die nötige Wassermenge zu liefern. In dem Maße, als das Bodenwasser an der Verwachsungsstelle aufgesaugt wird, gleichen zunächst die anstoßenden Erdteile den Verlust aus; diese finden wiederum Ersatz seitens der weiter zurückliegenden, und so tritt eine Strömung nach der Verbrauchsstelle hin ein, die nach und nach auch entferntere Bodenstellen in Mitleidenschaft zieht.

Aber die Wurzeln nehmen nicht bloß das Bodenwasser mit den darin gelösten Stoffen auf, sondern sie lösen auch selbst feste Bodenbestandteile auf, um sie dann aufsaugen zu können. Die Auflösung erfolgt mittelst einer sauren Flüssigkeit, die die äußeren Zellhäute durchtränkt. Recht hübsch brachte Prof. Sachs diese Auflösung durch folgenden Versuch zur Anschauung. Er bedeckte polierte Platten von Marmor, Dolomit und Osteolith ungefähr eine Handhoch mit Sand und ließ in diesem Samen keimen. Die abwärts wachsenden Wurzeln trafen bald auf die polierte Fläche des Minerals und wuchsen auf dieser, ihr dichtanliegend, hin. Nach wenig Tagen fand sich ein Bild des Wurzelsystems in rauhen Linien auf der glänzenden Fläche eingeätzt. Jede Wurzel hatte an den Berührungsstellen mittelst der sauren Flüssigkeit seiner oberflächlichen Zellen einen kleinen Teil des Minerals aufgelöst.

Da bei allen Pflanzen die Nahrungsaufnahme in gleicher Weise erfolgt, sollte man meinen, müßten alle auf einem und demselben Boden wachsenden dieselben Aschenbestandteile haben. Dies ist aber durchaus nicht der Fall. Früher glaubte man infolgedessen, der Pflanze ein sogenanntes quantitatives Wahlvermögen zuschreiben zu müssen. Es läßt sich jedoch diese Erscheinung viel einfacher dadurch erklären, daß die verschiedenen Stoffe nur so lange in die Pflanze eintreten, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand herbeigeführt worden ist, bis also derselbe Stoff in der Flüssigkeit der Wurzelzellen in der gleichen Dichte vorhanden ist, wie in der Flüssigkeit außer denselben. Verwendet die Pflanze den Stoff, so wird von Seiten der Pflanze der Gleichgewichtszustand gestört, es muß neuer nachdringen; ist dies nicht der Fall, bleibt der Gleichgewichtszustand also bestehen, so erfolgt keine

weitere Aufnahme. Der Verbrauch ist nun aber in den verschiedenen Pflanzen ein sehr verschiedenartiger, und dicht beisammenstehende, denselben Boden aussaugende Pflanzen können ganz verschiedenartige Aschenzusammensetzungen zeigen. Aus diesem Grunde müssen also verschiedene Pflanzenarten an den Boden auch verschiedene Ansprüche machen. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß der Verbrauch gewisser Nährstoffe seitens einer und derselben Pflanze ein ganz bestimmter sei, daß die Bodenzusammensetzung auf die Zusammensetzung der Aschenbestandteile gar keinen Einfluß habe. Bis zu einem gewissen Grade ist ein solcher doch vorhanden. Pflanzen auf kalkreichem Boden nehmen z. B. stets mehr Kalk auf, als solche, welche auf kalkarmem Boden wachsen.

Das Material, aus dem die Pflanze den Hauptbestandteil ihrer Körpermasse, den Kohlenstoff, bezieht, — die Kohlensäure, — wird von allen in die Luft emporragenden Gewächsen aus der Luft und zwar vorzugsweise durch die Blätter und die grünen Stengelteile aufgenommen. Die Kohlensäure durchdringt entweder die Epidermiszellen direkt, oder sie gelangt durch die Spaltöffnungen in die Intercellularräume und aus diesen in die Zellen des inneren Gewebes. Wie schon früher bemerkt, bilden die Intercellularräume innerhalb der Pflanze ein zusammenhängendes System von Luftkanälen und vermögen die Kohlensäure infolgedessen nach allen Richtungen hin zu führen. An älteren verholzten Pflanzenteilen mag der Eintritt der Kohlensäure wohl auch durch die Lenticellen erfolgen.

So lange der Zellsaft nicht mit Kohlensäure gesättigt ist, findet eine fortwährende Bewegung dieser Verbindung in die Zelle hinein statt. Mit der Sättigung des Zellsaftes würde sie zum Stillstande kommen. Das kann nun aber am Tage nicht geschehen, weil unter dem Einflusse des Sonnenlichtes in der Zelle die Kohlensäure alsbald zersetzt und dadurch immer wieder ein Anstoß zum Eindringen eines neuen Kohlensäurequantums gegeben wird. Die Strömung muß also während der Zeit der Beleuchtung durch die Sonne eine ununterbrochene sein.

Die Kohlensäure hat übrigens vor anderen Gasen z. B. Sauerstoff und Stickstoff den Vorteil, daß sie die pflanzlichen Häute viel leichter durchdringt als jene. Die Geschwindigkeit dieser Durchdringung (Diffusion) ist beispielsweise im Vergleich mit dem Stickstoff 15mal, im Vergleich mit dem Sauerstoff 6mal größer.

Auch von der Bodenflüssigkeit wird der Pflanze freie Kohlensäure dargeboten. Dieselbe dient ihr aber nicht zur Gewinnung des Kohlenstoffes. Vielmehr scheint nur die das Blatt unmittelbar umgebende atmosphärische Luft dazu verwendet zu werden.

Die Assimilation.

Aus den oben besprochenen Nährstoffen, die in ganz verdünnten Lösungen seitens der Wurzeln oder in winzigen Quantitäten im atmosphärischen Sauerstoffe verteilt seitens der Blätter aufgenommen werden, vermag die Pflanze organische Verbindungen herzustellen. Den Vorgang, durch welchen das geschieht, bezeichnet man allgemein als Assimilation, die dadurch erzeugten Verbindungen aber als Assimilationsprodukte. Je nach der Assimilation

der verschiedenen Elemente entstehen natürlich auch verschiedene Assimilationsprodukte. Die für die Pflanze wichtigsten Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff werden immer nur gleichzeitig assimiliert und zwar aus Kohlensäure und Wasser. Aus den Zersetzungsprodukten derselben muß die erste organische Verbindung, das erste Assimilationsprodukt hervorgehen. Da die neuentstehenden Pflanzenstoffe aber im Vergleich zu der Kohlensäure und dem Wasser, aus denen sie entstehen, sauerstoffarm sind, wird der Assimilationsprozeß zugleich ein Desoxydationsprozeß sein, ein Vorgang, bei dem Sauerstoff abgespalten, also frei wird. Daß dem wirklich so ist, wurde durch Experimente schon genugsam erwiesen. Vegetierende Pflanzen scheiden während der Assimilation stets bedeutende Sauerstoffmengen aus, und zwar stets gleiche Volumina mit der verbrauchten Kohlensäure. Die Pflanze erfüllt somit zugleich die Aufgabe, eine Anhäufung der durch tierische Atmung, durch Verbrennung, Verwesung, Gährung &c. gebildeten Kohlensäure in der atmosphärischen Luft zu verhindern, sie also für Tiere und Pflanzen atembar zu erhalten.

Die Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers erfolgt nur innerhalb der grünen Pflanzenzelle. Der Zellinhalt ist aber durchaus nicht so ohne weiteres imstande, die Arbeit zu besorgen; es muß eine Kraft von außen dazukommen, die dies besorgt, und diese ist das Sonnenlicht.

Bis zu einem gewissen Grade steigert sich mit der Lichtstärke die Zersetzung der Kohlensäure innerhalb der chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle, doch scheinen nicht alle Pflanzen eine gleiche Lichtstärke vertragen zu können; manche gehen sogar bei anhaltend starker Beleuchtung zu Grunde, wie z. B. die Schattenpflanzen des Waldes. Uebrigens beteiligen sich an der Arbeit, die das Licht leistet, die verschiedenen Strahlen des weißen Sonnenlichtes nicht alle in gleicher Weise; vielmehr sind hierbei vorzugsweise nur die roten, orangenen, gelben und grünen wirksam.

In direktem Sonnenlichte scheint die Temperatur, so lange sie sich nur zwischen 10° und 39°C bewegt, ohne merkbaren Einfluß auf den Vorgang zu sein, während sie in zerstreutem zwischen 7° und 16°C durch jede Erhöhung eine Beschleunigung erfährt. Bei sehr niederer Temperatur der umgebenden Mittel (der Luft, des Wassers) hört die Assimilation ganz auf. Doch ist die untere Temperaturgrenze für verschiedene Pflanzen jedenfalls eine sehr verschiedene. So beobachtete Boussingault, daß manche Süß- und Rietgräser Kohlensäure selbst noch bei 1—3°C zersetzten.

Die Frage, in welcher Weise das Chlorophyll selbst bei dem Vorgange beteiligt ist, fand noch keine endgültige Lösung. Sämtliche darüber ausgesprochene Ansichten sind bloß Hypothesen. Prof. Pringsheim, der in der neusten Zeit die eingehendsten Forschungen nach dieser Richtung hin anstellte, vermochte bis jetzt nur nachzuweisen, daß das Chlorophyll diejenigen Strahlen des Sonnenlichtes verschlucke und dadurch unschädlich mache, die das Assimilationsprodukt wieder zerstören, also die Anhäufung desselben und damit zugleich die Assimilation selbst verhindern würden. Es sind dies die blauen und violetten. Damit hat er gleichzeitig erwiesen, daß die Assimilation nicht an der Oberfläche, sondern nur im Inneren des Chlorophyllkorns vor sich gehen könne, weil eben nur hier der erwähnte Schutz geboten wird.

Dasjenige Produkt, welches bei der Assimilation am ersten und leichtesten

wahrnehmbar wird, ist das Stärkemehl. Man kann (besonders deutlich bei verschiedenen Fadenalgen) Stärkekörner im Chlorophyll entstehen und verschwinden sehen. Trotzdem wird aber die Stärke wohl kaum das erste Assimilationsprodukt sein. Denn da die Stärkekörner nach der Nägelischen Beobachtung nur aus der Lösung eines der Stärke verwandten Kohlehydrates zu entstehen bez. heranzuwachsen vermögen, muß ihnen schon die Bildung eines löslichen Kohlehydrates, wie Traubenzucker oder Dextrin, vorangegangen sein. Traubenzucker zeigt ohnedies überall in der Pflanze die Neigung, in Stärkemehl überzugehen, besonders, wo er nicht augenblicklich in Protoplasma oder Cellulose umgewandelt wird. Wäre er das erste Assimilationsprodukt, wie Boussingault und andere französische Physiologen annehmen, so würde sich das Entstehen der Stärke im Chlorophyllkorn dadurch erklären lassen, daß der Überschuß des Traubenzuckers immer in Stärke übergeht. Übrigens bilden auch nicht alle Pflanzen im Chlorophyll Stärke; einige, wie z. B. die Zwiebel (Allium cepa), haben darin nur Traubenzucker, andere, wie die Pisanggewächse (Musa, Strelitzia), nur fettes Öl aufzuweisen.

Es ist kaum anzunehmen, daß die ersten Assimilationsprodukte in verschiedenen Pflanzen verschiedene seien, daß also die eine zunächst Stärke, die andere Öl, die dritte Traubenzucker erzeuge; der ganze Vorgang ist vielmehr bei allen ein so gleichartiger, einziger, daß sie voraussichtlich auch ein und denselben Stoff als erstes Assimilationsprodukt hervorbringen. Aber welchen?

Vielleicht hat in neuester Zeit Professor Pringsheim das Rätsel gelöst. Nach seiner Ansicht sind die vorhingenannten Stoffe, als Stärkemehl, fettes Öl, Zucker rc. nur Folgewirkungen der Assimilation. Das allen Chlorophyllkörnern gemeinsame erste Assimilationsprodukt ist nach ihm vielmehr das in der Grundsubstanz jedes Chlorophyllkornes nachweisbare Hypochlorin, ein sehr sauerstoffarmer, in seinen mikrochemischen Eigenschaften den ätherischen Ölen verwandter Körper, der aber durch Sauerstoffaufnahme leicht in Öl, Zucker, Stärke, Gerbstoff übergehen kann.

Die ersten stickstoffhaltigen Assimilationsprodukte entstehen jedenfalls aus einem stickstofffreien Assimilationsprodukte und aus salpetersauren und schwefelsauren Salzen. Möglicherweise spielt dabei die Oxalsäure eine große Rolle, indem sie die Salpeter- und Schwefelsäure aus ihren Verbindungen frei macht. Darnach ließe sich denn auch das im Pflanzenreich so außerordentlich häufige Vorkommen von Krystallen des oxalsauren Kalkes erklären.

Bezüglich der Bildung stickstoffhaltiger Substanzen scheinen sich die chlorophyllfreien Pflanzen den anderen ganz gleich zu verhalten. Wenigstens geht aus der künstlichen Ernährung der Hefepilze hervor, daß sie imstande sind, aus Zucker und einem salpetersauren oder Ammoniaksalze bei Gegenwart von Aschenbestandteilen nicht nur Zellstoff, sondern auch Eiweißstoffe zu bilden. Eine Vermehrung des Protoplasma infolge der rasch sich vervielfältigenden Zellen wäre ja sonst gar nicht denkbar.

Nach Professor Sachs geht die Bildung der eiweißartigen Stoffe wahrscheinlich innerhalb der leitendem Gewebe der Blattstiele und Internodien von statten, und zwar deshalb, weil gerade in diesen Geweben hauptsächlich der oxalsaure Kalk abgelagert wird, bei dessen Bildung sich die Schwefelsäure vom Kalk trennt, damit der Schwefel bei Entstehung der Eiweißstoffe Verwendung finde.

Stoffwechsel und Stoffwanderung.

Das zunächst gebildete Assimilationsprodukt und die im weiteren Verlaufe daraus entstandenen Stoffe erfahren, bis sie durch Zellhaut- oder Protoplasmabildung am eigentlichen Wachstum der Pflanze teilnehmen können, gar mannigfache Umwandlungen. Diese Umwandlungen beginnen schon innerhalb der chlorophyllhaltigen Zelle, in der das erste Assimilationsprodukt entstand, sie setzen sich aber in den chlorophyllfreien Zellen fort. Man begreift alle diese Umwandlungen, die vom Lichte unbeeinflußt sind und unter Aufnahme geringer Sauerstoffmengen (bei Abscheidung der gleichen Menge Kohlensäure) vor sich gehen, unter dem Namen Stoffwechsel.

Nur bei den einfachsten pflanzlichen Gebilden, den einzelligen Algen, Sproßpilzen ꝛc. wird die assimilierte Substanz an der Stelle, wo sie gebildet wurde, auch wieder verbraucht. Bei den höher organisierten Pflanzen findet ihre Verwendung in der Regel an entfernteren Orten statt. Sie wandert in die Knospen, die Kambiumschichten, ferner in Früchte, Wurzeln, Rhizome, Knollen oder Zwiebeln ꝛc. An einigen dieser Orte werden die Stoffe ohne weiteres zur Neubildung von Geweben verwendet; es sind dies die Vegetationspunkte bez. Vegetationsschichten. An anderen werden sie nur angesammelt und für späteren Gebrauch aufbewahrt; es sind dies die Reservestoffbehälter. Die Stoffe selbst bezeichnet man in diesem letzteren Falle als Reservestoffe.

Bei denjenigen Pflanzen, die einen holzigen Stamm bilden, ist der Stamm Reservestoffbehälter, bei den perennierenden Pflanzen sind es die Wurzeln oder die unterirdischen Stengelorgane, als Rhizome, Knollen, Zwiebeln. Auch die Sporen und Samen erhalten von der Mutterpflanze stets eine größere oder geringere Menge solcher Stoffe als Mitgift, auf deren Kosten sich die ersten Keim- bez. Entwicklungsvorgänge vollziehen. Je größer das Stoffkapital ist, das die Pflanze als Mitgift erhält, desto leichter und besser vermag sie sich selber natürlich eine Existenz zu gründen, denn um so kräftiger kann sie sich entwickeln, ehe sie genötigt wird, selbst zu assimilieren.

Die stickstofffreien Reservestoffe findet man je nach den betreffenden Pflanzen in verschiedener Form abgelagert: als Stärke oder Amylum in den Getreidesamen, den Stämmen der Sago liefernden Palmen, als fettes Öl in den Rübsamen, in verschiedenen Nußfrüchten, als Cellulose in den steinharten Früchten der das vegetabilische Elfenbein liefernden Elfenbeinnuß (Phytelephas macrocarpa), ferner als Rohrzucker im Zuckerrohr, Zuckerahorn, der Runkelrübe, als Inulin in den Knollen der Georgine, der knollentragenden Sonnenblume (Helianthus tuberosus, auch Erdbirne, Erdartischocke, Topinamburs genannt). Die stickstoffhaltigen Reservestoffe finden sich in Form von Proteinkörnern.

Im Frühjahr, wenn die Wurzelthätigkeit von neuem beginnt und von neuem Wassermassen aufwärts treibt, werden die Stoffe aus den Reservebehältern wieder hinweggeführt. Waren sie unlöslich, traten sie zuvor in eine lösliche Form über. Sie strömen nun den wachsenden Pflanzenteilen zu und werden zur Bildung neuer Zellen verbraucht. Diese Strömung dauert solange, bis die betreffenden Behälter gründlich geleert sind. Mittlerweile sind dann die eigentlichen pflanzlichen Ernährungsorgane, die Blätter,

so weit entwickelt, daß sie die fürs Wachstum nötige Menge organisierten Stoffes selbst zu liefern imstande sind. Erst wenn ein Überschuß davon entsteht, tritt wiederum ein Abfluß nach den Reservemagazinen ein. In der Regel findet aber eine ausgiebigere Aufspeicherung erst im Spätsommer statt, also erst dann, wenn das Wachstum seinen Höhepunkt überschritten hat und dem Ende zueilt. Vor dem Blattfalle endlich wird auch das gesamte Protoplasma der Blattzellen samt den gelösten Chlorophyllkörnern hinweg und in den Stamm resp. die Dauerorgane übergeführt, so daß von den Blättern beziehentlich den absterbenden grünen Pflanzenteilen nichts mehr übrigbleibt, als ein Gerüst von Zellhäuten, das nur noch Bestandteile einschließt, die fürs fernere Pflanzenleben völlig wertlos sind.

Von den vielen Produkten, die infolge des Stoffwechsels im Innern der lebenden Pflanze auftreten, ists nur eine verhältnismäßig kleine Zahl, welche das Material zur Bildung und zum Wachstume der Zellhäute oder anderer pflanzlicher Bestandteile liefern. Man kann dieselben als die eigentlichen Baustoffe bezeichnen. Zu ihnen gehören die Stärke, die verschiedenen Zuckerarten, das Inulin, die Fette, die Eiweißsubstanzen, und zwar würden die ersteren drei als Baustoffe der Zellhaut, die letzteren als Baustoffe des Protoplasma und der Chlorophyllkörner anzusehen sein.

Das Wandern der Zell-Baustoffe erfolgt innerhalb des parenchymatischen Grundgewebes, sehr wahrscheinlich in Form von Traubenzucker oder einer anderen direkt vergährungsfähigen Zuckerart. Sobald Stärkemehl zur Ablagerung gekommen ist, muß dieses natürlich im Momente der Wegführung ebenfalls in eine solche Zuckerart übergehen. Man nimmt an, daß dies durch Vermittlung eines (ungeformten) Fermentes geschieht. Selbst vom Rohrzucker hat man beobachtet, daß er nicht unmittelbar in die Saftbewegung eintritt, sondern sich ebenfalls zuvor in Traubenzucker umsetzt. Auch das Fett wandert nicht als solches, sondern wandelt sich vorher in Zucker um. Treten in der Saftströmung, die die betreffenden Reservestoffe mit sich führt, hier oder da Stockungen ein, so bilden sich in den Zellen, durch die sie ihren Weg nimmt, nicht selten vorübergehend wieder kleine Stärkekörnchen (transitorische Stärke, transitorische Reservesubstanz), die aber gewöhnlich ebenso schnell, wie sie entstanden, wieder verschwinden.

Bei der Wanderung der stickstoffhaltigen Verbindungen, die vorwiegend im Bastteile der Gefäßbündel stattfindet, scheint das Asparagin, das sich sehr leicht von den Eiweißstoffen abspaltet und viel schneller als diese diffundiert, eine große Rolle zu spielen. Doch bedarf es zur Lösung der Frage noch zahlreicher Untersuchungen. Nur für die Leguminosen ist durch Professor Pfeffer erwiesen worden, daß bei der Keimung derselben das Eiweiß in Asparagin zerfällt und in dieser Form wandert.

In einzelnen Pflanzen treten innerhalb der für Aufbewahrung der Reservestoffe bestimmten Zellräume neben den Kohlehydraten, Fetten und Eiweißstoffen noch einige andere Verbindungen auf, über deren Bedeutung für die Vegetationsvorgänge etwas Sicheres aber noch nicht bekannt geworden ist.

Während des Stoffwechsels entstehen sehr häufig auch Substanzen, die beim Wachstumsprozeß keine weitere Verwendung finden, sondern in bestimmten

Zellpartien unverändert liegen bleiben. Hierher gehört der oxalsaure Kalk, der sich, wie schon erwähnt, dadurch bildet, daß aus dem als Nährstoff aufgenommenen schwefelsauren Kalke durch die Oxalsäure die Schwefelsäure verdrängt wird. Während die letztere nach der Andeutung am Ende des vorigen Abschnittes bei Bildung der Eiweißstoffe Verwendung findet, kommt das neu entstandene Produkt an seinem Entstehungsorte zur Ablagerung.

Zu dergleichen Nebenprodukten des Stoffwechsels gehören ferner die gerbstoffähnlichen Verbindungen, so wie die roten Farbstoffe, die bei der Keimung vieler Samen gebildet werden, dann die ätherischen Öle in den Drüsen vieler Blätter, die Harze in den Harz-, der Gummi in den Gummigängen, der Kautschuk in den Milchsaftgefäßen, endlich wohl auch eine Anzahl Pflanzensäuren und Alkaloide.

Von vielen anderen Stoffen: Farbstoffen, Säuren, Alkaloiden, Gerbstoffen, Wachs u. dergl. m. kennt man bisher weder die Art und Weise ihrer Entstehung, noch ihre Bedeutung für die unmittelbaren Lebensvorgänge. Dessenungeachtet zeigen sie sich von hoher Bedeutung für andere Zwecke des Pflanzenlebens. So dient das Wachs vielen Pflanzen als schützende Decke gegen verderbliche äußere Einflüsse; die ätherischen Öle, sowie die Farbstoffe der Blüten sind mächtige Anlockungsmittel für die die Bestäubung vermittelnden Insekten; die wohlschmeckenden, aber für den Keimprozeß wertlosen saftigen Samenhüllen führen eine schnellere Aussaat der Samen durch verschiedene Tiere herbei, denen sie eine gesuchte Nahrung bieten u. s. w.

Noch andere pflanzliche Produkte sind endlich durch nachträgliche Veränderungen der Substanz organisierter Gebilde entstanden. Es sind die sogenannten Auflösungs- oder Degradationsprodukte. Hierher gehören Gummi und Pflanzenschleime, z. B. Leinsamen- und Quittenschleim. Alle diese Produkte sind Degradationsprodukte der Zellhaut. Dergleichen mit der Zellhaut vor sich gehende Veränderungen zeigen in hübscher Stufenfolge verschiedene Gummiarten. Das Traganth-Gummi läßt noch die Organisation der Zellhäute deutlich erkennen, dieselben sind nur in hohem Grade quellungsfähig geworden; das Kirschgummi, das ebenfalls aus Verflüssigung der Zellhäute entsteht, läßt keine Zellstruktur mehr erkennen, ist aber im Wasser noch unlöslich; das arabische Gummi endlich ist so verändert, daß es sich im Wasser auch wirklich lösen läßt.

Die Bewegung der assimilierten Stoffe kann natürlich dort, wo es sich um eine Fortleitung durch ringsum geschlossene Zellen handelt, keine andere, als eine moleculare, also eine Diffusionsbewegung sein. An den Orten des Verbrauchs, wie an denen der Ablagerung wirken die Zellen, die den zufließenden Baustoff zersetzen, um ihn in eine unlösliche Verbindung überzuführen, als Anziehungspunkte, da sie fortwährend das chemische Gleichgewicht aufheben und dadurch einen Neuzufluß anregen. Entgegengesetzt werden die Zellen, die neue lösliche Verbindungen erzeugen, abstoßend wirken, da infolge der immer zunehmenden Konzentration ein Abfließen nach Orten geringerer Konzentration eintreten muß. Der in dem Chlorophyll der Blätter sich bildende Fruchtzucker geht zunächst schon hier in unlösliches Stärkemehl über, um den Assimilationsprozeß nicht ins Stocken zu bringen. Macht

es sich nötig, die in den Blättern angesammelte Stärke in den Stamm überzuführen, so muß sie abermals löslich werden, also abermals in Fruchtzucker übergehen, der nun als solcher abfließt. Würde dieser Fruchtzucker nun aber an dem Ablagerungsorte keine weitere Veränderung erfahren, würde sich eine Fruchtzuckerlösung von immer höherer Konzentration hier und in den hierher leitenden Geweben gleichmäßig verteilen und eine Ansammlung im Reservebehälter allein würde unmöglich sein. Erst dadurch, daß der zugeflossene Fruchtzucker zur Stärkebildung Verwendung findet, kann ein Nachströmen stattfinden, und zwar so lange, als in den Blättern Stärke zur Fruchtzuckerbildung vorhanden ist, so lange also sämtliche Assimilationsprodukte in die Reservebehälter übergeführt sind. In dem System durchbohrter Siebröhren, in denen sich ja besonders die stickstoffhaltigen Baustoffe fortbewegen, so wie in den ebenfalls Baustoffe bergenden Milchgefäßen muß die Bewegung der Stoffe notwendig eine Massenbewegung sein.

In beiden Fällen, bei der molekularen Bewegung ebensowohl, als bei der Massenbewegung, wirken die Gewebsspannung und der durch dieselbe herbeigeführte Druck fördernd mit.

Atmung.

Wie bei den Tieren ist auch bei den Pflanzen zur Unterhaltung der Lebensverrichtungen die Aufnahme von freiem atmosphärischen Sauerstoffe nötig. Sie atmen ebenfalls. Wie bei jenen wirkt der Sauerstoff auch bei diesen oxydierend auf gewisse Stoffe, er verbrennt sie also. Diese Oxydation muß nun aber auch hier wie dort die Bildung und Aushauchung von Kohlensäure und Wasserdampf zur Folge haben.

Die Atmung ist natürlicherweise mit einem Stoffverluste verbunden. Bei grünen Pflanzen wird dieser Verlust jedoch reichlich durch die Thätigkeit der im Lichte assimilierenden Zellen aufgewogen. Wie Boussingault gezeigt hat, ist z. B. beim Blatt des Lorbeerbaumes der durch die Assimilation erzielte Substanzgewinn dreißigmal größer, als der durch die Atmung herbeigeführte Substanzverlust. Bei den am Licht assimilierenden Pflanzen läßt sich infolgedessen die Atmung schwer nachweisen, der ausgiebigere Prozeß verdunkelt den minder ausgiebigen. Der Nachweis der Atmung ist hier nur bei Verdunkelung der Pflanze möglich. Es läßt sich durch Beschränkung der zutretenden Lichtmenge ja sehr leicht ein Zustand herbeiführen, bei dem Assimilation und Atmung im Gleichgewichte stehen oder bei dem die Atmung sogar überwiegt. Letzteres ist beispielsweise schon der Fall, wenn Pflanzen im Hintergrunde eines weniger hellen Zimmers stehen. Läßt man Samen im Finstern keimen, so kann der durch die Atmung bedingte Stoffverlust nicht wieder ersetzt werden. Dann sieht man sie sehr bald beinahe die Hälfte ihres Trockengewichtes verlieren. Die Stoffe, deren die Pflanze infolge dieses Prozesses zunächst verlustig geht, sind die Kohlehydrate.

Bei der Atmung scheint das Protoplasma für den Sauerstoff den Träger abzugeben, da nur der im Protoplasma absorbierte Sauerstoff eine oxydierende Wirkung auszuüben imstande ist, denn alle die Substanzen, die im Innern der Pflanzenzelle einem stetigen Verbrennungsprozesse unterliegen, werden außerhalb derselben bei gewöhnlicher Temperatur vom Sauer-

stoffe nicht angegriffen. Wahrscheinlich wird durch die Einwirkung des Sauerstoffes im Protoplasma von den Eiweißverbindungen Kohlensäure abgespalten. Indem nun die Zersetzungsprodukte der Eiweißverbindungen sich die ihnen entzogenen Stoffe aus den Kohlehydraten wieder aneignen, muß der Vorrat von Kohlehydraten oder anderen stickstofffreien Substanzen allmählich erschöpft werden. Nach Aufzehrung dieser letzteren kommen die Eiweißverbindungen selbst an die Reihe, und so können nach und nach alle oxydierbare Substanzen, soweit sie nicht für den Bestand des Protoplasma unumgänglich notwendig sind, veratmet werden.

Nach der Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zu urteilen, atmen lebhaft vegetierende Pflanzenteile, sowie auch keimende Samen, ziemlich kräftig. Doch kann selbst bei ruhenden Pflanzenteilen die Atmung nicht ganz still stehen, obschon sie bedeutend vermindert sein wird. An Kartoffelknollen und Zuckerrüben wurde z. B. wiederholt eine verhältnismäßig ganz beträchtliche Abnahme von Trockensubstanz beobachtet, die sich nur durch die Atmung erklären läßt.

Die Atmung geht selbst in völliger Dunkelheit vor sich. Von Prof. Pringsheim wurde aber gezeigt, daß das Licht dieselbe beschleunige und daß der grüne Farbstoff vor allem die Bedeutung habe, die durch Beschleunigung der Atmung (Oxydation) besonders zerstörend wirkenden (chemisch wirksamen) Strahlen unschädlich zu machen. „Es läßt sich deshalb" — wie Prof. Reinke sagt — „das Chlorophyll als die schützende Decke ansehen, die über Wald und Wiese, über Gesträuch und Stauden ausgebreitet ist, um den an sich nachteiligen Grad des Sonnenlichtes dahin zu verringern, daß dasselbe nicht mehr verbrennt, wohl aber noch die Arbeit der Assimilation zu leisten imstande ist und unter dem Schutze dieser Chlorophylldecke Kohlenstoffverbindungen anhäufen kann."

Ebenso wie durch das Licht wird auch durch die Wärme die Atmung beschleunigt. Nach Welkoff und Mayer steigt sie von 0°—34° mit der Temperatur an, um dann wieder zu sinken und schließlich mit dem Absterben der Pflanze infolge zu hoher Temperaturgrade gänzlich zu erlöschen.

Wenn es bei den pflanzlichen Lebensverrichtungen nur auf Anhäufung von Assimilationsprodukten ankäme, erschiene die Atmung, insofern sie einen Stoffverlust bedingt, als ganz zwecklos. Allein die Assimilationsstoffe sind nicht selbst Zweck, sondern nur Mittel zum Zweck.

Sie sollen allein dem Wachstum und den durch dieses bedingten Lebensveränderungen dienen. Das Leben der Pflanze besteht ja überhaupt in den verschiedenartigsten Bewegungen der kleinsten Stoffteilchen, zu denen der Anstoß und die zur Fortsetzung nötigen Kräfte aus der Atmung hervorgehen. So wie der Sauerstoff auf einen Teil der assimilierten Substanz seinen Einfluß geltend macht, wird der Anstoß zu einer Reihe chemischer Veränderungen gegeben, welche Diffusionsströmungen veranlassen. Durch diese werden von neuem Stoffe zusammengeführt, welche abermals chemisch aufeinander einwirken u. s. w. In sauerstofffreier Luft hören daher alle Lebensfunktionen innerhalb der Pflanze auf, das Protoplasma stellt seine Bewegungen ein, die eigentümliche Reizbarkeit der Blätter der schamhaften Sinnpflanze (Mimosa pudica), der Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula) schwinden rc. Es fehlt die lebendige Kraft, die durch die Atmung verfügbar wird.

Natürlich muß bei den Atmungsvorgängen auch Wärme erzeugt werden. Aber die Temperaturerhöhung der atmenden Gewebe läßt sich nicht so leicht nachweisen. Einmal verteilt sich die freiwerdende Wärme sogleich auf die große Wassermenge, die die atmende Zelle samt dem anstoßenden Gewebe durchtränkt, dann kühlt aber auch die Verdunstung die oberirdischen Teile stark ab, gar nicht zu gedenken der Wärmeausstrahlung, die dadurch bedingt wird, daß die Pflanze in den meisten Fällen im Verhältnis zu ihrer Masse eine ganz außerordentliche Fläche entwickelt. Sehr merklich wird dagegen die Temperaturerhöhung, wenn wir eine Menge keimender Samen oder austreibender Knollen und Zwiebeln aufeinander schichten. Das Gleiche ist der Fall in den Blüten bez. Blütenständen, bei denen durch schützende Hüllen oder geringere Flächenausbreitung der betreffenden Organe die Wärme besser zurückgehalten wird. Im letzteren Falle ist die Temperaturerhöhung oft ziemlich bedeutend, so am Kolben verschiedener Aarongewächse, an den Blüten vom Kürbis, der Victoria regia u. s. w., und zwar beträgt dieselbe bei den Aarongewächsen gar nicht selten 4°—5°, in einzelnen Fällen sogar bis 10° mehr, als die der umgebenden Luft.

Zuweilen wird durch die Atmung selbst eine Lichtentwicklung hervorgerufen. Man hat diese bis jetzt aber nur an verschiedenen Pilzen beobachtet, so an den Spitzen der wurzelartigen Mycelstränge, welche sich oft in dem Holzwerke von Brunnen, Bergwerken u. s. w. ausbreiten, der sogenannten Rhizomorphen, ferner an einzelnen Blätterpilzen, z. B. dem Agaricus olearius der Provence, dem Agaricus igneus Umbriens, dem Agaricus noctilucens Manillas. Auch verschiedene Bakterien scheinen infolge ihrer außerordentlich lebhaften Sauerstoffkonsumtion bei ihren Zersetzungsprozessen Lichterscheinungen zu verursachen. Hierauf beruht z. B. die Erscheinung, daß zuweilen Fleisch im Dunkeln leuchtet.

Obwohl der größte Teil der Bakterien bedeutende Mengen von freiem Sauerstoff aufnimmt und dem entsprechend große Mengen von Kohlensäure abscheidet, giebt es doch auch solche, welche den freien Sauerstoff ganz zu entbehren vermögen, ja auf welche derselbe als Gift wirkt. Hierher gehört der Erreger der Buttersäuregährung, der Bacillus Amylobacter van Tieghems oder das Clostridium butyricum Prazm. L. Pasteur nennt diese im Gegensatz zu den sauerstoffbedürftigen, die er als Aërobien bezeichnet, Anaërobien.

Fleischfressende Pflanzen.

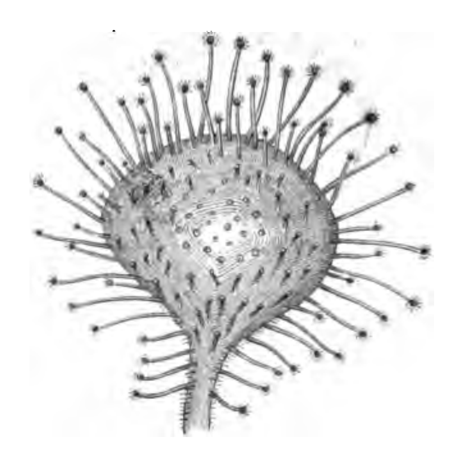
Es giebt eine kleine Anzahl von Pflanzen, die den Stickstoff, den sie in ihrem Haushalte brauchen, nicht bloß den salpetersauren oder Ammoniak-Verbindungen des Bodens, aus dem sie hervorwachsen, entnehmen, sondern auch kleinen Tieren entziehen, die sie mit verschiedenen, ihrem Zwecke entsprechenden Organen festhalten, töten und löslich machen. Letzteres geschieht in der Regel durch ein bestimmtes Ferment, das im Gegensatze zu andern Fermenten im Tierreiche ganz allgemein, im Pflanzenreiche dagegen sehr selten verbreitet ist.

Zu diesen „fleischfressenden Pflanzen“ gehören, soweit bis jetzt bekannt, Pflanzen aus 15 Gattungen mit etwa 350 Arten, die über die ganze Erde verbreitet sind und mit Ausnahme der afrikanischen Wüsten und der argentinischen Pampas keinem größeren Florengebiete fehlen. Sie reihen sich in 5 Familien ein, von denen die den Steinbrechgewächsen (Saxifrageen) nahe-

stehenden Sonnentaugewächse (Droseraceen) und die an die Rachenblütler sich anschließenden Lentibularien die bekanntesten sind. Die den Mohngewächsen (Papaveraceen) nahestehenden Sarraceniaceen mit drei amerikanischen Gattungen werden jetzt erst durch häufige Gewächshauskultur bekannter, ebenso die den Osterluzeigewächsen (Aristolochiaceen) verwandte Gattung Nepenthes.

Die zum Fange dienenden Organe sind von dreierlei Art. Entweder sind es klebrige Drüsen oder bewegliche, zusammenschließende Blätter oder endlich Schläuche, in die die betreffenden Tiere leicht hinein- aber nur schwierig wieder herauszuschlüpfen vermögen.

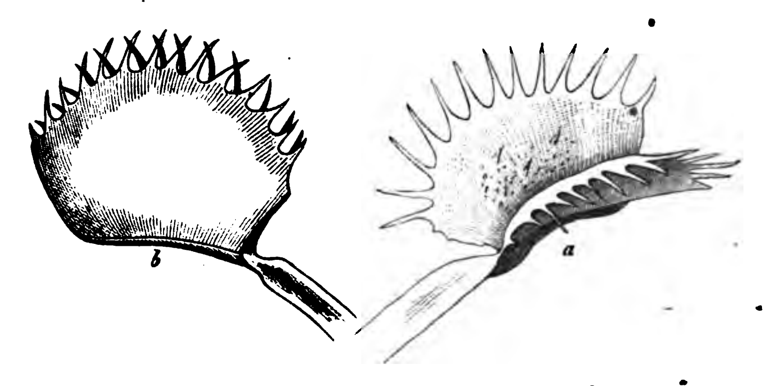
Zu den Drüsenfängern gehört der Sonnentau, von dem der rundblätterige (Drosera rotundifolia) (Tafel 56, Figur 838) ein verbreiteter Bewohner unserer Moore ist. Die Pflanze hat ein verkürztes Rhizom, das mit seinen zarten Wurzeln im Torfmoos steckt und eine zierliche Rosette langgestielter, kreisrunder Blätter (Figur 124) trägt, welche am Rande mit langen, gegen die Mitte hin mit immer kürzer werdenden Drüsenhaaren, von Darwin Tentakeln*) genannt, besetzt sind. Diese Drüsenhaare sind aber nicht wirkliche Haargebilde, sondern nur haarförmige Blattgewebefortsätze, die ihrer ganzen Länge nach von einem Gefäßbündel durchzogen werden, das an der Spitze kolbig verdickt ist. Diese Verdickung besteht aus kurzen, spindelförmigen Zellen, welche von zwei Schichten parenchymatischer Zellen überlagert werden, über denen wiederum die von vernlägerten prismatischen Zellen gebildete Oberhaut liegt, die eine klebrige Flüssigkeit abscheidet, mittelst welcher das Fangen und Festhalten der Insekten erfolgt. Die betreffende Flüssigkeit hüllt die Spitze des Drüsenhaares wie ein Tautropfen ein. Berührt ein Insekt das Blatt, so wird es von demselben festgehalten. Sofort macht es die größten Anstrengungen, um wieder loszukommen und zieht dabei die Flüssigkeit stellenweise in Fäden aus. Aber da die Zahl der Drüsen eine sehr große ist und dieselben von allen Seiten wirken, ist die Anstrengung meistens ohne Erfolg. Das Insekt erlahmt nach und nach und hört bereits nach einer Viertelstunde auf, weitere Anstrengungen zu machen. Kurz darauf tritt auch der Tod ein, nicht aber deshalb, weil die abgesonderte Flüssigkeit etwa giftig wirkt, sondern weil die klebrige Masse die Tracheenöffnungen verschmiert und dadurch einen Starrezustand hervorruft, der bald in den Tod überführt. Fast gleichzeitig mit den letzten Lebensregungen des Insektes biegen sich die kleineren und später auch die entfernter stehenden größeren Drüsenhaare gegen das Insekt hin ein und berühren es endlich mit ihren Drüsenköpfen. Schließlich



Figur 124. Blattfläche vom Sonnentau (Drosera rotundifolia) mit Drüsenhaaren (Tentakeln) besetzt; etwas vergrößert, (n. Reincke).

*) Da sie empfindlich sind und infolgedessen Bewegungen wahrnehmen lassen.

richten sich auch die Seitenränder des Blattes fast bis zur Berührung auf. Nun beginnt das Verzehren. Zu diesem Zwecke verändert die Drüsenflüssigkeit ihre chemische Beschaffenheit und bildet ein Ferment, das mit dem Pepsin des tierischen Magens große Ähnlichkeit hat und eiweißhaltige Stoffe zu lösen vermag. Da sich von jetzt ab die Drüsenthätigkeit bedeutend steigert, wird der tote Insektenkörper sehr bald von der schleimigen Drüsenflüssigkeit eingehüllt und nach und nach bis auf die unlöslichen Teile der harten chitinigen Körperhaut aufgelöst. Die stickstoffreiche Flüssigkeit wird von den vorhin erwähnten



Figur 125. Blattfläche von der Venusfliegenfalle, a im ausgebreiteten, b im geschlossenen Zustande, (n. Reincke).

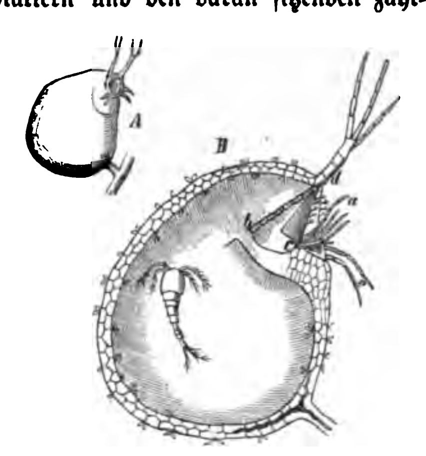
Drüsen endlich eingesaugt und dem Blattgewebe zugeführt, um zur Ernährung verwendet zu werden. Ganz allmählich, oft erst nach einer Reihe von Tagen, kehren die Drüsen in ihre normale Lage zurück und sind zu neuem Fange bereit.

Die für den Insektenfang besteingerichteten Organe besitzt die Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula) (Tafel 56, Figur 839). Sie hat, wie der Sonnentau, rosettenförmig gestellte Blätter, die aber auf einem breiten, geflügelten Stiele eine von zwei halbkreisförmigen Hälften gebildete Blattfläche tragen, welche auf ihrer ganzen Innenseite mit sehr zahlreichen, kleinen, stiellosen Drüsen und außerdem mit drei spitzen, reizbaren Haaren, also Tentakeln, besetzt sind. Während im gewöhnlichen Zustande die beiden Blatthälften miteinander einen rechten Winkel bilden, legen sie sich, sobald die Tentakeln von einem Insekt berührt werden, augenblicklich aneinander, klappen also zusammen. Ein Entweichen des Insektes ist nicht möglich, da die langen Randzähne ineinander eingreifen, ähnlich wie mit geradegestreckten Fingern ineinander gefaltete Hände (Figur 125b). Während bei dem Sonnentau die haarähnlichen Gebilde die Reiz-, die festhaltenden, sowie die absondernden und aufsaugenden Organe zugleich sind, herrscht bei der Venusfliegenfalle eine Teilung der Arbeit. Den Reiz empfangen nur die Tentakeln, das Festhalten besorgen die Randzähne und das Auflösen und Aufsaugen verbleibt den Drüsen allein. Die von ihnen abgesonderte Flüssigkeit ist saurer, als die der Drosera-Arten. Das Blatt öffnet sich erst wieder, wenn das gefangene Insekt oder das ihm gereichte Fleischstück vollständig verdaut ist. Wird ihm ein harter, unver-

dauliche Körper gereicht, öffnet es sich spätestens in 24 Stunden, während es sonst mehrere Tage geschlossen bleibt. Eine ähnliche, aber viel einfachere Insektenfalle bilden die Blätter des bei uns in Mooren nicht selten vorkommenden Fettkrautes (Pinguicula vulgaris). Hier wird das aufliegende Insekt zunächst von den gestielten Verdauungsdrüsen festgehalten, und erst später rollt sich der Rand des zungenförmig gestalteten Blattes langsam ein.

In einem dritten Falle gelangen die Beutetierchen (Insekten ꝛc.) in eigentümliche halbkugelige oder cylindrische Fangorgane, die nur nach einer Seite offen sind und an der Öffnung Borsten oder Klappen tragen, welche das Entweichen der einmal gefangenen Tiere verhindern.

Hierher gehört der wurzellose, untergetaucht schwimmende Wasserschlauch mit seinen fiederschnittig-vielteiligen Blättern und den daran sitzenden zahlreichen kleinen Blasen. Diese letzteren, mittelst welcher die Pflanze Anfang Sommers vom Grunde der Gewässer an die Oberfläche aufsteigt, bilden eben das Fangorgan (Figur 126). In ihr Inneres führt ein schlitzförmiger Eingang, der durch eine elastische Klappe geschlossen wird, welche an der einen Seite frei und deshalb beweglich ist. Das freie Ende liegt nun aber unter einem vorspringenden Wulste des der Befestigungsstelle gegenüber befindlichen Schlauchrandes, der nur gestattet, daß die Klappe sich nach innen öffnet, während er ein Entweichen aus dem Innern verhindert. Außerdem umstehen den Eingang noch Wimperhaare, von denen zwei besonders lang, verzweigt und den Fühlern (Antennen) mancher Krebse nicht unähnlich sind. Darwin findet in ihnen Anlockungsmittel für dergleichen Tiere. Endlich ist auch die Innenseite mit einem Kranze zweispaltiger Haare versehen, die als Reusen wirken. Eigentliche Verdauungsdrüsen hat der Wasserschlauch nicht, doch ist es Thatsache, daß er Tierchen fängt, zersetzt und allmählich verdaut. Schlauchförmige Fangorgane zeigen vor allen Dingen auch die Sarraceniaceen, deren Mitglieder nur dem amerikanischen Festlande eigentümlich sind. In den Vereinigten Staaten treten sechs Arten der Gattung Sarracenia auf, von denen Sarracenia purpurea die gemeinste ist, die von 48° n. Br. bis Florida und östlich bis Ohio reicht, während die übrigen: S. psittacina, rubra, Drummondi, flava und variolaris nur die südlichen Staaten bewohnen. Außerdem bewohnt eine andere Gattung Heliamphora mit einer einzigen Art das britische Guyana, und eine dritte Gattung, die ebenfalls nur durch eine einzige Art vertretene Darlingtonia californica, gehört den westlich vom Felsengebirge gelegenen Ländern, speziell Kalifornien, an. Bei sämtlichen sind die Blätter zu schlauchförmigen Fangapparaten umgebildet, da der Blattstiel unmittelbar an der Einfügungsstelle oder weiter nach oben



Figur 126. Blase vom Wasserschlauch (Utricularia vulgaris): A wenig vergrößert, geschlossen, B bedeutender vergrößert, im Durchschnitt; a Eingang, b c Klappe, d e Wimperhaare, (n. Cohn).

hohl wird und unter allmählicher Erweiterung und sichelförmiger Krümmung dieser Höhlung ansteigt. An der Bauchseite trägt dieser eigentümlich gestaltete Blattstiel einen flügelförmigen Längsstreifen, am oberen Ende ist die Mündung verengert und nach der eben erwähnten Bauchseite zu mit einem Ringe versehen, während an der Rückenseite, dem Ringe gegenüber, sich die Blattfläche von (aus herzförmiger Basis) eirundspitzer Form unmittelbar dem Stielgewebe anfügt. Die einzelnen Spezies von Sarracenia unterscheiden sich nur durch Länge und Durchmesser des Schlauches, durch seinen Flügel und seine Krümmung, die beiden anderen Gattungen außerdem noch durch die Form der Blattfläche. Die Blattfläche, die gewöhnlich schön bunt gefärbt ist, hat entweder eine aufrechte Stellung oder ist geneigt. Im ersteren Falle läßt sie den Regen ohne weiteres eindringen, im zweiten verhält sie sich gegen denselben wie ein schützendes Dach. Das erstere ist bei der gemeinsten Art, der Sarracenia purpurea, der Fall. Hier fehlen aber auch wie bei Utricularia die Verdauungsflüssigkeit abscheidenden Drüsen. Die betreffende Flüssigkeit scheint durch Wasser ersetzt zu werden, das immer in größerer oder geringerer Menge darin enthalten ist. Insekten, die durch die bunte Blattfläche angelockt werden und, an dieselbe anfliegend, in den Krug fallen, werden durch die mit abwärts stehenden Haaren besetzte Innenfläche im Innern zurückgehalten und ertrinken oder gehen, wie beim Sonnentau, durch die von den Drüsen abgeschiedene Flüssigkeit zu Grunde, von der sie schließlich aufgelöst werden, um endlich durch Aufsaugung ebenfalls Aufnahme ins Blattgewebe zu finden.

Zu den Schlauchfängern gehören auch Nepenthes destillatoria, Rafflesiana u. a., deren insektenfangende Schläuche ebenfalls umgewandelte Blätter sind. Eine Abbildung von letzterer findet sich auf Seite 94.

Es scheint, als ob keine der besprochenen insektenverzehrenden Pflanzen tierische Nahrung unbedingt notwendig habe, denn zahlreiche Kulturversuche, bei denen die betreffenden Pflanzen durch übergestülpte Glasglocken vor Insektennahrung bewahrt wurden, zeigten, daß sie in diesem Falle gleich üppig gediehen. Ja aus anderen Versuchen ergab sich, daß Blätter, denen mehrmals und schnell hintereinander stickstoffhaltige tierische Nahrung geboten wurde, daran zu Grunde gingen. Doch haben Kulturversuche von Sonnentaugewächsen erwiesen, daß die mit Blattläusen oder Fleisch gefütterten Pflanzen im Durchschnitt die nicht gefütterten an Masse der erzeugten Blüten und Samen übertrafen.

Mindestens muß man also bezüglich dieser Pflanzen zugeben, daß für sie die Möglichkeit einer Ernährung durch Insekten vorhanden ist und in der Natur nicht selten stattfindet. Dieselbe wird in jedem Falle von Nutzen sein, wenn der Gewinn an stickstoffhaltigen Substanzen den durch Abwelken und Verlorengehen thätiger Blätter eintretenden Stoffverlust übertrifft.

2. Das Wachstum.

Die Vorgänge beim Wachstum.

Die von der Pflanze durch die Ernährung bez. durch die Assimilation gewonnenen Stoffe werden in erster Linie dazu verwendet, vorhandene

Pflanzenteile zu vergrößern oder auch neue zu bilden; sie dienen also dem Wachstum. Darunter begreifen wir alle Vorgänge, die es mit Formveränderung und Massenzunahme der pflanzlichen Organe zu thun haben. Dabei ist freilich zu betonen, daß dergleichen Vorgänge infolge innerer Veränderungen eintreten und bleibende sein müssen. Legen wir einen Stammabschnitt ins Wasser, so vermehrt er auch sein Volumen und quillt auf; aber nach längerem Verweilen in trockener warmer Luft schwindet er wieder zusammen. Von einem Wachstume kann also hier nicht die Rede sein. Etwas Anderes ists mit reifen Samen. Eine Erbse oder Bohne, mit Wasser benetzt, springt im gleichen Falle auf und läßt einen Keim hervortreten, der seine ersten Blätter entfaltet. Bei diesem Vorgange kann sogar ein Stoffverlust eintreten. Trotzdem ists aber eine Wachstumserscheinung, weil die eingetretenen Veränderungen nicht wieder rückgängig gemacht werden können, also bleibende sind.

Das Wachstum der verschiedenen Pflanzenteile beruht auf einer Zellvermehrung und der nachträglichen Flächenzunahme der gebildeten Zellen. Eine Volumenzunahme wird nicht durch den ersteren, sondern den letzteren Vorgang bedingt. Diese Volumenzunahme erfolgt aber durchaus nicht durch bloße Aneinanderlagerung neuer Stoffteilchen, wie es z. B. bei der Vergrößerung eines Stärkekornes oder bei Verdickung der Zellhaut leicht den Anschein haben könnte (da beide sehr oft eine konzentrische Schichtung zeigen), sondern dadurch, daß kleinste Stoffteilchen (Moleküle) zwischen die das wachsende Organ bildenden kleinsten Stoffteilchen eingeschoben werden. Sie geht also durch innere Aneignung (Intussusception), nicht durch bloße äußere Anfügung (Apposition) vor sich.

Dazu ist nun aber vor allen Dingen nötig, daß die wachsenden Pflanzenteile in ihren Zellen eine gewisse Überfülle von Zellsaft enthalten, so daß dieser von innen einen Druck auf die Zellwand ausübt. Sie müssen, wie man sagt, im Zustande des Turgors sein, also turgescieren.

Das ist ja auch gewöhnlich der Fall, da das Wasser vermittelst der Diosmose mit einer gewissen Kraft in die Zelle eindringt, wodurch der von der Zellhaut umschlossene innere Raum nicht bloß ausgefüllt, sondern sogar erweitert wird, indem die zunehmende Saftmenge die Haut ausdehnt. Hierbei vergrößern sich wahrscheinlicherweise die mit Wasser erfüllten Zwischenräume zwischen den kleinsten Zellhautteilchen (Zellhautmolekülen) ein wenig und machen für die neue Substanz Platz. Ist dieselbe eingelagert, so beginnt der Turgor von neuem und das Wachstum setzt sich weiter fort. Hieraus erhellt, daß welke Pflanzenteile nicht wachsen können, ebenso wenig wie durchlöcherte Zellen zu wachsen vermögen, weil ihnen eben der Turgor fehlt oder ein solcher überhaupt nicht eintreten kann.

Pflanzen, die rasch wachsen, besitzen außerordentlich dehnbare bez. dünnwandige Zellwände. Wenn sich die letzteren nach und nach aber immer mehr verdicken und in demselben Maße zugleich ihre Dehnbarkeit einbüßen, muß sich das Wachstum naturgemäß allmählich verlangsamen, und schließlich wird einmal der Zeitpunkt eintreten, wo es ganz aufhört. Der betreffende Pflanzenteil oder eine gewisse Zellpartie hat ihren Dauerzustand erreicht.

Das Wachstum wird von sehr verschiedenen Bedingungen beeinflußt. Wenn eine Fuchsie stets eine bestimmte Form von Blatt, Blüte rc. hervor-

bringt, die sich wesentlich von der einer Azalee, Camellie oder auch einer anderen Fuchsie unterscheidet, so erfolgt das eigenartige Wachstum infolge einer vorhandenen inneren Nötigung. Beobachten wir aber, wie eine Zimmerpflanze, so oft sie auch gedreht werden mag, ihre neu entstehenden Blatttriebe immer wieder dem Lichte zuwendet, oder wie irgend eine Pflanze unserer Gartenkulturen bei kaltem regnerischen Wetter verkümmert, bei warmer Witterung üppig gedeiht, so müssen wir die Ursache in äußeren Einflüssen suchen. Die letztern, zu denen Feuchtigkeit, Wärme, Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes ꝛc. gehören, sind ziemlich genau bekannt und in ihrer Wirkung aufs Pflanzenleben schon vielfach untersucht worden. Über die erwähnten inneren Bedingungen wissen wir aber noch so viel wie nichts. Nur die Erfahrung zwingt uns zu der Annahme, daß jenes eigenartige Wachstum davon abhänge, welcher Vater- und Mutterpflanze das betreffende Gewächs entstamme, welcher Art, Unterart oder Varietät es angehöre. Die Abstammung allein ist die Ursache dieser besonderen Art des Wachstums.

Bei allen neu angelegten Pflanzenteilen sehen wir das Wachstum zunächst besonders am Gipfel vor sich gehen. Wir bezeichnen die betreffende Stelle als Vegetationspunkt. Es werden, wie schon früher auseinandergesetzt wurde, hier im Urmeristem durch rasch aufeinanderfolgende Teilungen neue Zellen in großer Anzahl hintereinander gebildet. Das auf diese Weise entstandene Zellgewebe wächst aber hinter dem Vegetationspunkte, wo nun das Meristem in die verschiedenen Dauergewebe übergeht, noch immer fort; es tritt die Zellteilung dabei jedoch immer seltener ein und hört endlich ganz auf. Die Zellen werden aber hier sehr rasch und nicht selten mehr als hundertmal größer, als sie bei ihrer Entstehung am Vegetationspunkte waren. Durch diese Art des Wachstums, welche man als interkalares bezeichnet, erhalten nicht bloß die Wurzeln und Stengel, sondern auch die Blätter ihre endliche Größe. Die Gegend dieses interkalaren Wachstums liegt bei den Wurzeln nur wenige Millimeter hinter dem Vegetationspunkte, geht aber bei den Stengeln oft mehrere Stengelglieder weit zurück.

Ferner erfahren nicht alle Zellen eines Stengelgliedes gleichzeitig eine Streckung. Bald ists vorzugsweise nur der obere, bald wieder nur der untere Teil. Bei Gräsern z. B. dehnen sich vorzugsweise die Zellen des unteren von der Scheide umhüllten Teiles aus, während bei Stengelgliedern mit gegenüberstehenden quirlständigen Blättern dies mit denen des oberen Teiles geschieht. Bei den Blättern geht in der Regel zuerst der obere Teil in Dauergewebe über, wohingegen der untere seine Streckung noch eine Zeit lang fortsetzt. Gleichzeitig mit dem Stengelgliede erlangt aber stets auch das ihm ansitzende Blatt seine volle Größe.

Ältere Pflanzenteile, die ihr Längenwachstum längst eingestellt haben, zeigen zuweilen noch ein Dickenwachstum. Dieselben besitzen dann einen mit der Oberfläche konzentrisch verlaufenden Ring von Meristem, aus dem fortdauernd neue Zellschichten hervorgehen. Es ist dies der früher schon besprochene Kambiumring, der allen Stämmen mit unbegrenztem Dickenwachstume zukommt.

Die Wachstumsgeschwindigkeit ist bei verschiedenen Pflanzen außerordentlich verschieden. Die Stämme vieler Cykadeen, Farne und anderer Pflanzen mit verkürzten Internodien wachsen außerordentlich langsam, andere

dagegen strecken ihre Stengel so rasch, daß man mit dem Maßstabe den Zuwachs stündlich messen kann. Doch läßt sich durch besondere mit einem Mikroskope verbundene Vorrichtungen auch der Zuwachs langsam wachsender Pflanzenteile beobachten.

Niemals aber ist das Wachstum, es mag schneller oder langsamer verlaufen, ein gleichmäßiges. Immer beginnt es langsam, erreicht nach einer gewissen Zeit seine größte Geschwindigkeit und hört allmählich wieder auf, bis es endlich, wenn das Organ völlig ausgewachsen ist, gänzlich stillsteht. Man bezeichnet diesen Verlauf als die große Periode des Wachstums.

Eigenschaften wachsender Pflanzenteile.

Für das Wachstum sind verschiedene, den wachsenden Pflanzenteilen zukommende Eigenschaften von ganz besonderer Wichtigkeit. Wie schon im vorhergehenden Abschnitte angedeutet wurde, zeigen die betreffenden Pflanzenteile zunächst eine verhältnismäßig große Dehnbarkeit, und zwar um so größer, je jünger sie sind. Werden sie älter, so tritt an Stelle der Dehnbarkeit die Elastizität. Dehnbarkeit läßt sich ebensowohl bei einfacher Zerrung in der Längsrichtung, als bei Biegungen beobachten. An rasch wachsenden Pflanzenteilen ist die Dehnbarkeit so groß und im Gegensatze dazu die Elastizität so gering, daß selbst eine verhältnismäßig leichte und schnell vorübergehende Biegung eine dauernde Krümmung zur Folge hat; ja es gelingt nach Sachs*) „an Wurzeln und dünnen Internodien oft, ihnen durch wiederholte Biegungen mit den Fingern eine beliebige Form zu geben, wie einem Wachsfaden oder einem geglühten Eisendrahte, ohne daß etwa die Wachstumsfähigkeit irgendwie dadurch gefährdet würde". Sicherer wirkt noch eine geringere Biegung, sobald dieselbe nur andauernd ist. So wird z. B. bei den meisten Mohnarten der Blütenstiel durch das Gewicht der Knospe abwärts gebogen, und dieser Zustand bleibt auch, wenn die Knospe entfernt wird. Erst wenn mit dem Erblühen ein neuer Wachstumszustand eintritt, und dann sich besonders die Unterseite stärker ausdehnt, richtet sich die Blüte wieder auf. Es bekommt nun das Gewebe eine größere Festigkeit, um auch die noch größere Last der Frucht aufrecht zu tragen. Die Zahl der Pflanzen mit nickenden Knospen bez. Blüten und mit aufrechten Früchten ist ziemlich bedeutend. Ich erinnere nur noch an die Kaiserkrone, verschiedene Anemonen, Hahnenfußarten 2c. Oft wird aber auch die anfangs aufgedrungene Krümmung durch innere Wachstumsvorgänge befestigt, wie an den Fruchtstielen von Kürbis und Gurke.

Aus der großen Dehnbarkeit wachsender Sprosse erklärt sich auch die Erscheinung, daß dieselben infolge eines Stoßes an den unteren ausgewachsenen Teil ihren Gipfel nach der Seite krümmen, von welcher der Stoß kam. Wenn derselbe auch zurückschnellt, ist doch die Rückwärtskrümmung infolge der noch unvollkommenen Elastizität geringer, als die durch den ersten Stoß erzeugte, und, nachdem das Organ völlig zur Ruhe gekommen ist, stellt sich die anfängliche Krümmung als eine bleibende dar. Bei den Stengeln verschiedener Wiesenpflanzen, wie Bocksbart (Tragopogon), Blutweiderich

*) Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl., p. 688.

(Lythrum), vielen ausdauernden Arten vom Kreuzkraut (Senecio) ruft ein einziger leichter Stockschlag diese Erscheinung hervor; bei festeren, elastischeren Stengeln geschieht das erst nach mehreren, bez. nach einer größeren Anzahl von Schlägen. Immer ist diese Krümmung eine bleibende und beruht auf einer Verlängerung der konvexen und einer Verkürzung der konkaven Seite; immer erfolgt sie an der Stelle des stärksten Wachstums; sie kann aber, wie bei den nickenden Knospen, durch nachträgliches inneres Wachstum wieder ausgeglichen werden.

Eine zweite hier in Betracht kommende Eigenschaft wachsender Pflanzenteile ergiebt sich aus dem Umstande, daß in der Regel einzelne Zellschichten ein rascheres Wachstum zeigen, als andere, und daß daher in den mit verschiedener Geschwindigkeit wachsenden Geweben Spannungszustände eintreten, welche sich bis zum völligen Auswachsen entweder wieder ausgleichen oder auch bestehen bleiben. Man begreift alle derartigen Erscheinungen unter der Bezeichnung Gewebespannung.

Infolge dieser Gewebespannung ist das eine Gewebe über seine eigentliche Länge hinaus gedehnt, das andere dagegen weit unter dieselbe zusammengepreßt oder, wie man sich wohl auch auszudrücken pflegt, das eine ist im Zug (positiv), das andere hingegen im Druck (negativ) gespannt. Von dem Vorhandensein dieser Spannung können wir uns sehr leicht überzeugen, wir dürfen nur die einzelnen Schichten eines wachsenden Stengels voneinander isolieren. Dann werden wir beobachten, daß die rascher gewachsenen und infolgedessen zusammengedrückten (im Druck gespannten) sich ausdehnen, die langsamer gewachsenen und mithin über ihre natürliche Länge ausgedehnten (also im Zug gespannten) sich zusammenziehen, daß also jene länger, diese kürzer werden. In den meisten Fällen bedarf es zum Nachweis der verschiedenen Gewebespannung nicht einmal dieser Isolierung; gewöhnlich genügt eine teilweise Trennung. Spaltet man z. B. den noch in Streckung begriffenen Stengel eines schnell wachsenden Staudengewächses, wie den einer Helianthus-Art oder den der Tabakpflanze (Nicotiana), durch zwei gekreuzte Längsschnitte eine Strecke weit, so werden sich alsbald diese vier Stücke im Bogen nach außen krümmen, aus dem einfachen Grunde, weil sich die inneren Schichten strecken, die äußeren zusammenziehen.

Im unverletzten Stengel finden wir die inneren Schichten, vor allem das Mark, stets zusammengedrückt. Infolge des ihm daher innewohnenden Ausdehnungsbestrebens wird es auch Schwellkörper genannt. Noch stärker wird das Ausdehnungsbestreben der Mark-, bez. inneren Schichten, wenn wir einen solchen Pflanzenteil ins Wasser legen. Nach der Spaltung rollt er sich dann sogar nach außen lockenförmig ein. Am hübschesten zeigt dies wohl die von Kindern so gern beim Spiel verwendete Kettenblume (Taraxacum officinale).

Die Gewebespannung nimmt von dem ganz spannungslosen Vegetationskegel aus allmählich zu, erreicht ein Maximum und schwindet mit dem allmählichen Auswachsen wieder, um entweder nun ganz aufzuhören oder nur im geringeren Maße fortzudauern. Eine dauernde Spannung zeigen die Blattstiele vieler Dikotyledonen, sowie die Blätter und Blütenschäfte einer Anzahl Liliengewächse.

Da wir bei sehr langsam wachsenden Stammgebilden, wie z. B. bei

dicken Rhizomen oder bei den Ausläufern von Dracänen, die eben beschriebenen Spannungszustände nicht finden, so müssen wir dieselben aus einer beträchtlichen Wachstumsgeschwindigkeit herleiten. Jedenfalls ändern sich gewisse Gewebeschichten so um, daß sie imstande sind, weit schneller Wasser aufzusaugen, somit leichter zu turgescieren als andere und infolgedessen weit schneller zu wachsen, als die minder turgescierenden. Daß beim Zustandekommen der Spannung vor allem die physikalischen Eigenschaften der Schichten eine große Rolle spielen, erhellt besonders daraus, daß diese Spannung auch an den Strünken und Hüten großer Hutpilze zu Tage tritt, obwohl bei ihnen die inneren und äußeren Schichten des Hyphengewebes ganz gleichartig ausgebildet sind. Eine Folge dieser Spannung ist z. B., daß viele Röhrenpilze (Boleten) auf der Hutoberfläche platzen und die Ränder der Risse dann nach und nach immer weiter auseinandertreten.

Neben der eben besprochenen Längsspannung giebt es auch Querspannungen, doch sind dieselben noch wenig untersucht. Ich mache hier nur auf eine derselben aufmerksam. Wenn bei den Holzgewächsen der Kambiumring in Thätigkeit ist, muß notwendigerweise eine Gewebespannung in radialer und peripherischer Richtung eintreten. Die aus dem Kambium hervorgehenden Gewebeschichten haben die Neigung, sich in tangentialer Richtung mehr auszudehnen, als dem von Epidermis und Rinde begrenzten Raume entspricht. Sie wirken also auf jene dehnend, während jene auf sie drücken. Dazu kommt weiter, daß die auf der Innenseite vom Kambium gebildeten Holzringe stärker wachsen, als die auf der Außenseite entstehenden Bastgewebe, weshalb dieselben ebenfalls ausgedehnt werden. Infolgedessen muß während des Dickenwachstums des Stammes im Stammquerschnitte ein Spannungsverhältnis der Art statthaben, daß jede Gewebsschicht auf der Außenseite im Zug, auf der Innenseite im Druck gespannt ist. Mit Zunahme der Dicke wird sich die Querspannung steigern, bis endlich Epidermis und primäre Rinde dem peripherischen Zuge nicht mehr zu folgen vermögen und im Rindengewebe Längsrisse entstehen. Gewöhnlich tritt dieser Zustand aber erst ein, wenn die Korkbildung begonnen hat.

In ähnlicher Weise sind an älteren Stammteilen die sekundären Hautgewebe, Periderm und Borke, einer beständigen Zerrung in peripherischer Richtung ausgesetzt und üben wiederum auf die inneren Gewebeschichten, wie Phloëm, Kambium, Holz einen radialen Druck aus. Infolge dieser Zerrung reißen sie schließlich ebenfalls in der Längsrichtung auf. Abweichungen davon werden durch die in die Borkebildung hineingezogenen Bastbündel oder anderen Gewebeschichten hervorgerufen.

Die Querspannung wird aber sicher nicht allein durch das Dickenwachstum bedingt, sondern ist auch eine Folge von Imbibition, d. i. der Fähigkeit organisierter Gebilde, Wasser zwischen ihre kleinsten Teile (Moleküle) mit solcher Gewalt aufzunehmen, daß dieselben auseinander gedrängt werden. Wie der Turgor hauptsächlich die Form- und Größenveränderung der geschlossenen dünnwandigen Zellen bewirkt, so bewirkt die Imbibition eine Volumenzunahme bei den durchlöcherten bez. dickwandigen, z. B. bei Holzzellen und Holzgefäßen. So ist es offenbar eine Folge der Imbibition des Holzkörpers im Gegensatz zu der in der scharfen Winterluft stark ausgetrockneten Borke, wenn sich Ende Winters die Risse der letzteren erweitern

und vertiefen. Sobald im feuchten Frühjahrswetter die Borke ebenfalls aufquillt, wird der Spannungszustand zwischen ihr und dem Holzkörper ein geringerer. Trocknet die Borke abermals zusammen und wird der Holzkörper noch durch eine neue Holzschicht vergrößert, muß die Spannung wieder zunehmen, bis sie endlich im nächsten Winter abermals den Höhepunkt erreicht und hierauf ein neuer Ausgleich stattfindet.

3. Die Bewegung der Flüssigkeiten innerhalb der Pflanze.

Die Bewegung des Wassers.

Einen der wichtigsten Faktoren vom Pflanzenleben bildet das Wasser. Nicht nur, daß es selbst einen wichtigen Nährstoff abgiebt, nicht nur, daß es den alleinigen Träger der meisten übrigen Nährstoffe ausmacht; es ist überhaupt zum Zustandekommen jedes lebensfähigen Pflanzenteiles unbedingt nötig. Es ist nötig zur Bildung neuer Protoplasmamassen, wie zur Bildung neuer Membranen, denn wenn diese Lebensäußerungen zeigen sollen, müssen zwischen ihre Moleküle bestimmte Mengen von Wassermolekülen eingelagert sein. Wachsende Gewebsteile verbrauchen daher stetig Wasser. Sie entziehen dasselbe zunächst den anstoßenden Gewebeteilen. Zur Ausgleichung des gehabten Verlustes entnehmen diese es wieder den ihnen benachbarten, und so geht es immer weiter rückwärts bis zu den Aufnahmeorten.

Diese rückschreitende Bewegung macht uns eine oberhalb der Erde liegende, austreibende Kartoffelknolle recht gut vorstellig. Da bei dem Rückwärtsschreiten der Wasserverlust schließlich nicht wieder gedeckt werden kann, schrumpft sie an der dem Keime entgegengesetzten Seite ein, und es schreitet das Schrumpfen von dieser Stelle ab nach dem Keime zu immer mehr vor, während eine in der Erde liegende den Wasserverlust aus der den anliegenden Erdteilchen eigenen Wassermenge deckt.

Wasser muß aber weiter auch nach den Stellen geführt werden, wo die Reservestoffe aufgespeichert liegen, um dieselben zur Lösung zu bringen. Es geschieht das in ganz ähnlicher Weise. Aber wie die Wachstumsvorgänge selbst mehr oder weniger langsamer Art sind, können auch diese Bewegungen nur langsame sein. Ihr Stärke wird nur bedingt durch die Stärke des Wachstums, ihre Richtung nur durch die gegenseitige Lage von Verbrauchs- und Aufnahmeort. Eine solche langsame Wasserbewegung findet sich aber bloß bei untergetauchten Wasserpflanzen oder bei solchen Gewächsen, die (wie manche Euphorbien, die Kakteen u. a. m.) durch eine dicke Oberhaut vor Verdunstung geschützt sind. Diejenigen Pflanzen, welche dergleichen Schutz nicht besitzen, geben von ihrer Oberfläche unausgesetzt Wasser an die Luft ab, und zwar um so mehr, je mehr Oberfläche sie der Luft darbieten und je zarter die an derselben befindlichen Zellhäute sind. Bei ihnen findet, so lange die Verdunstung dauert, unausgesetzt eine ziemlich starke Wasserströmung von der Wurzel zu den Blättern hin statt. Im Laufe eines Sommers können die Wassermengen, die eine Pflanze verdunstet, so bedeutende werden, daß sie ein Vielfaches von dem Gewicht und Volumen der Pflanze ausmachen.

Natürlich ist eine so ausgiebige Verdunstung nur dann möglich, wenn der in den Blättern stattgehabte Wasserverlust, welcher sich, ebenfalls rückwärts schreitend, immer wieder aus den nächstanliegenden Schichten deckt, durch reichliche Zufuhr seitens der Wurzeln vollständigen Ersatz findet. Ist dies nicht möglich, so tritt ein Welken der Pflanze ein. Dann werden die nicht verholzten saftigen Pflanzenteile, deren Zellen vorher im Zustande der Saftfülle (des Turgors) gewesen waren und die daher straff dastanden, schlaff, weil infolge des gehabten Wasserverlustes die Zellen zusammenfallen. Je wärmer und trockener die Atmosphäre ist, desto mehr steigert sich die Verdunstung, je kühler und feuchter, desto mehr vermindert sie sich. Werden die Blätter von Tau oder Regen benetzt, so hört sie ganz auf.

Durch zu starke Verdunstung haben oft frisch gepflanzte Gewächse zu leiden. Solange bei ihnen die jungen Würzelchen noch nicht genügend entwickelt resp. noch nicht mit einer genügenden Menge Erdpartikelchen verwachsen sind, werden sie an einem warmen, sonnigen Tage regelmäßig welk. Ist der Wasserverlust nicht über ein bestimmtes Maß hinausgegangen, so gewinnen sie bis zum anderen Tage ihre frühere Straffheit wieder, weil in der Nacht die Verdunstung auf ein Minimum beschränkt ist und deshalb die während des Tags nicht genügende Wasserzufuhr jetzt den Mangel zu decken und infolgedessen den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen vermag. Blätter und Stengel können bei dergleichen Wasserverlust keinen Ersatz schaffen, da sie nicht imstande sind, Wasserdampf oder flüssiges Wasser aus der Atmosphäre aufzunehmen; es kann dies nur durch die Wurzeln geschehen. Wenn welke Pflanzen nach Benetzung mit Tau oder Regen alsbald wieder ein frisches Aussehen erlangen, rührt es nur daher, daß der Boden wieder feuchter wurde und deshalb mehr Wasser abzugeben vermochte, sowie daß die Verdunstung bis auf ein Minimum herabging.

Die Verdunstung erfolgt auf der ganzen Blattfläche. Es sind dabei also die Spaltöffnungen nicht allein, sondern nur insoweit beteiligt, als durch sie der Wasserdampf austritt, welcher von den die Zellzwischenräume begrenzenden Zellwänden abgegeben wird. Blätter mit sehr dünner Cuticula geben sehr schnell Wasser ab und welken unmittelbar nach der Trennung von der Pflanze; Blätter mit stärkerer thun dies sehr langsam; solche mit sehr dicker Cuticula lassen oft ein Welken kaum bemerkbar werden.

Die durch die Verdunstung hervorgerufene Wasserströmung erreicht zur Zeit der umfassendsten Belaubung ihren Höhepunkt und steht im Winter mit dem Wachstum zugleich still. Trotzdem hat sie zu den Wachstums- bez. Ernährungsvorgängen keine unmittelbare Beziehung. Während die bei den erwähnten Vorgängen nötige Wasserbewegung sich über die verschiedensten Gewebeformen erstreckt, ja notwendigerweise erstrecken muß, beschränkt sich die durch Verdunstung bedingte hauptsächlich auf die Fibrovasalstränge des Holzkörpers. Dies ergiebt sich nicht allein aus unmittelbaren Beobachtungen, sondern auch aus der Thatsache, daß in solchen Fällen, wo durch eine Zunahme der Krone die Verdunstungsfläche alljährlich sich vergrößert, auch der Holzkörper alljährlich sich dementsprechend verdickt und umfänglicher wird, somit die Strombahn sich erweitert; daß aber Pflanzen (z. B. die Palmen), deren Blattkronen von einem gewissen Zeitpunkte an keine Vergrößerung mehr erfahren, von da an unverändert ihren Querschnitt behalten.

Die infolge von Ernährungs-, bez. Wachstumsvorgängen, sowie infolge der Verdunstung innerhalb des Pflanzenkörpers stattfindenden Bewegungen des Wassers beginnen am Ziele der Bewegung und greifen von da aus immer weiter zurück. Man könnte sie daher recht wohl als saugende bezeichnen.

Eine dritte Bewegungsart wird einzig und allein durch den Druck vermittelt, der von den Wurzeln ausgeht und unabhängig von Wachstum und Verdunstung ist. Schneiden wir z. B. in der Zeit der üppigsten Vegetation den Stamm einer Sonnenrose (Helianthus annuus) dicht über der Wurzel ab, so sehen wir aus der Schnittfläche unter beträchtlichem Drucke einen Wasserstrom hervorquellen, der tagelang andauert und eine Wassermenge ergiebt, die das Mehrfache des Wurzelvolumens ausmacht. Es muß also das Wasser, das an der Schnittfläche austritt, immer wieder durch anderes, das durch die Wurzeln aufgenommen und mit verhältnismäßig bedeutender Kraft emporgepreßt wird, ersetzt werden. Wie bedeutend diese Kraft ist, zeigte Hales schon 1731. Nach seinen Versuchen wurde das Quecksilber in einer gebogenen Glasröhre, die man auf die Schnittfläche eines eingewurzelten Weinrebenstammes aufsetzte, durch die Wurzelkraft um 79 Cm. gehoben, was dem Drucke einer Wassersäule von 10,53 M., also ungefähr einem Atmosphärendrucke, gleichkommt. Tritt an verschiedenen Holzgewächsen im Frühjahr die Wurzelkraft vor Entfaltung der Knospen ein, so vermögen die Wandungen der Holzzellen, in denen der Auftrieb des Wassers eigentlich erfolgt, das Wasser nicht zu fassen; es wird in die Hohlräume der Zellen und Gefäße selbst hineingepreßt. Bohrt oder schneidet man zu dieser Zeit den Stamm an, so fängt er an zu bluten, d. h. es ergießt sich ein wässerig-süßer Saft aus der Wunde und fließt einige Zeit fort. Die Erscheinung hört auf, sobald infolge der Belaubung eine stärkere Verdunstung stattfindet.

Bei kleineren bez. niederen Pflanzen kommt der Wurzeldruck zuweilen äußerlich dadurch zur Wahrnehmung, daß an gewissen Blattstellen, z. B. an den Blattspitzen, den Blattzähnen, den Haaren des Blattrandes, das Wasser in Form von Tropfen hervorgepreßt wird. Man hat dergleichen beobachtet bei vielen Gräsern, beim Pisang, dem Aaronsstab, bei der Kapuzinerkresse, dem Kohl, Mohn u. v. a. Der brasilianische Regenbaum (Caesalpinia pluviosa) soll Wasser in solcher Menge absondern, daß dasselbe bei Erschütterungen wie Regen herabfällt. Sehr leicht tritt die eben erwähnte Erscheinung besonders dann ein, wenn die Verdunstung durch Abkühlung bedeutend verringert wird, während sich die Wurzelthätigkeit infolge der Feuchtigkeit und Wärme des Bodens steigert.

Vollständig läßt sich die Wurzelkraft heute noch nicht erklären. Der Eintritt des Wassers in die Rindenzellen kann natürlich nur durch diosmotische Kräfte erfolgen, deren Wirksamkeit man bisher sicher für viel geringer angesehen hat, als sie wirklich ist. Merkwürdig bleibt aber, daß, wenn die Rindenzellen prall mit Wasser angefüllt, also turgescent geworden sind, das Wasser nur nach dem Holzkörper hin und nicht wieder nach außen gepreßt wird. Es müssen doch die Zellmoleküle auf der Außenseite der Zelle anders als nach den innen liegenden Zellen hin angeordnet sein, so daß der Austritt des Wassers nach außen erschwert, nach innen jedoch erleichtert wird.

Druckkräfte können auch an anderen Stellen der Pflanze zustande

kommen. Pflanzenteile mit zwei Schnittflächen zeigen, wenn sie mit dem einen Querschnitte ins Wasser gestellt werden, am anderen ebenfalls eine Ausscheidung von Wassertropfen. Hier sind es offenbar die Parenchymzellen der Schnittfläche, welche, ähnlich den Wurzelrindenzellen, diosmotisch aufsaugend wirken und das aufgesaugte Wasser in die Holzgefäße hineinpressen, aus deren Schnittfläche es am entgegengesetzten Ende wieder austritt.

Schließlich können Wasserbewegungen in der Pflanze noch durch Erwärmung hervorgerufen werden. Hierauf beruht das Bluten, das abgeschnittene Holzteile zuweilen im Winter zeigen, wenn sie in warme Räume gebracht werden. War z. B. ein derartiges Ast- oder Stammstück vorher in den Hohlräumen des Holzes reichlich mit Luft und Wasser erfüllt und dabei kalt, so dehnen sich im warmen Raume die neben dem Wasser in den Holzzellen und Gefäßen befindlichen Luftblasen aus und treiben das Wasser aus jeder vorhandenen Öffnung hervor. Bei darauf eintretender Abkühlung ziehen sich die Luftblasen wieder zusammen, und das Wasser wird von neuem eingesogen. Ähnliche Vorgänge werden auch im unverletzten Holzkörper eines Baumes im Winter oder im Frühlinge vor Entfaltung der Blätter, also dann, wenn eine ausgiebigere Verdunstung noch nicht eingeleitet ist, zustande kommen.

Die Bewegung der Luft.

Wie das Wasser, ist auch die Luft innerhalb der Pflanze in steter Bewegung. Ohne Zweifel besitzt dieselbe eine gleiche Zusammensetzung mit der atmosphärischen und besteht also aus Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, wenn auch zuweilen bezüglich des Mischungsverhältnisses erhebliche Verschiedenheiten vorkommen dürften. Von den betreffenden Luftarten sind fürs Pflanzenleben Sauerstoff und Kohlensäure die wichtigsten. Der Sauerstoff bewirkt hier, ebenso wie im Tierkörper, Oxydationen und regt infolgedessen die früher erwähnte Umsetzung verschiedener Stoffe an, während aus der Kohlensäure, wie ja auch schon bekannt, in den chlorophyllhaltigen Zellen der zur Bildung der Pflanzensubstanz unumgänglich notwendige Kohlenstoff, der beinahe die Hälfte der pflanzlichen Trockensubstanz ausmacht, gewonnen wird. Da die Pflanze unter normalen Verhältnissen weit mehr Kohlensäure als Sauerstoff verbraucht, so muß in derselben natürlich auch die Bewegung der ersteren viel schneller vor sich gehen, als die des letzteren. Dieser Schnelligkeit leistet schon die große Leichtigkeit Vorschub, mit welcher die Kohlensäure durch Zellhäute diffundiert (vergl. S. 142). Mit dem Sauerstoffe zugleich tritt auch Stickstoff in die Pflanze ein, beteiligt sich aber in keiner Weise an den chemischen Vorgängen innerhalb derselben, bleibt also indifferent.

Der Eintritt der erwähnten Gase ins Innere geschieht bei untergetauchten und unterirdischen Gewächsen durch die dünne Membran der Epidermiszellen, bei den in der Erde oder im Wasser nur wurzelnden durch die Spaltöffnungen und die Lenticellen. Im ersteren Falle gelangen die Gase unmittelbar in den Zellraum, im letzteren zunächst in die das Innere des Pflanzenkörpers durchziehenden, miteinander in Verbindung stehenden Zwischenzellräume und erst von diesen aus in die Zellen selbst. Der Übertritt in

die letzteren erfolgt in jedem Falle durch Diffusion, denn die Gase müssen zuvor von dem die Zellhäute durchtränkenden Wasser absorbiert werden. Die ganze Bewegung kann infolgedessen auch nur eine Diffusions- oder molekulare Bewegung sein.

Neben diesen Diffusionsbewegungen, die also nur zwischen einzelnen Molekülen stattfinden und deren Schnelligkeit bloß durch den Verbrauch bedingt wird, kommen im Pflanzeninnern aber auch Massenbewegungen von Gasen vor. Diese finden entweder in den Zellzwischenräumen oder in den Gefäßen des Holzkörpers statt. Die bewegenden Kräfte sind teils die in den anstoßenden Zellen wirkenden chemischen Kräfte, welche neue Luftmoleküle aufnehmen oder ausscheiden, teils sind es Temperaturschwankungen, teils Biegungen bez. Zerrungen des Pflanzenkörpers durch äußere Ursachen, z. B. durch Wind.

Da bei den Landpflanzen die in den Zellzwischenräumen zirkulierende Luft durch die Spaltöffnungen und Lenticellen mit der äußeren Luft in ununterbrochener Verbindung steht, so wird auch der Druck in beiden Fällen nahezu ein gleicher sein. Ein Überdruck findet sich in der Regel nur in den Zellzwischenräumen der untergetauchten und der Spaltöffnungen gänzlich entbehrenden Wasserpflanzen. Durchschneidet man an einer solchen Pflanze den Stengel, so beobachtet man, wie sofort ein Strom von Luftblasen aus der Schnittfläche hervortritt, und zwar geschieht dies solange, bis der innere und äußere Luftdruck in den Gleichgewichtszustand eingetreten sind. Im Innern der Holzgefäße endlich kommt oft auch ein Minderdruck zustande, weil der Hohlraum derselben mit den Zwischenzellräumen nirgends in unmittelbarer Verbindung steht und durch die verholzten Zellwände hindurch ein Ausgleich nur sehr schwer vor sich gehen kann. Vor allem kann ein solcher im Sommer konstatiert werden (in den Holzgefäßen der Eiche wurde er auf 500 Mm. bestimmt). Er läßt sich dadurch erklären, daß das Wasser, welches im Frühjahre vor der Belaubung die Holzgefäße gemeinschaftlich mit der Luft erfüllt, bei eintretender Verdunstung aufgesogen wird und sich infolgedessen die Luft über einen größeren Raum verbreitet, also auch dem entsprechend verdünnt.

An den Bewegungen der Gase innerhalb der Pflanze nimmt auch der Wasserdampf teil. Er unterscheidet sich von den übrigen nur dadurch, daß er bei den in der vegetierenden Pflanze auftretenden Temperaturen, die die ebenerwähnten andern Gase nicht verändern, in den tropfbar flüssigen Zustand zurückgeführt werden kann.

Bei stärkerer Cuticularisierung der Oberhaut kann die Verdunstung des Wassers nur nebenbei von der gesamten Oberfläche der grünen Pflanzenteile aus erfolgen und der Wasserdampf wird in der Regel durch die Spaltöffnungen entweichen. Der größere Teil desselben entsteht offenbar im Innern des Gewebes aus den durchtränkten Zellwänden, die an die Intercellularräume und größeren Luftlücken angrenzen. Sind diese mit Wasserdampf gefüllt, so muß natürlich die Verdunstung still stehen. Ist jedoch die äußere Luft verhältnismäßig trocken, so bringt der Wasserdampf durch die Spaltöffnungen nach außen, und die inneren Zellhäute geben neuen an die Binnenräume ab. Bei Erwärmung der betreffenden Pflanzenteile durch die Sonne erfolgt die Dampfbildung rascher. Im Gewebe selbst wird dann die Dampf-

spannung sehr bald eine höhere, und demgemäß tritt auch ein rascheres Ausströmen durch die Spaltöffnungen ein.

4. Der Einfluß äußerer Kräfte auf die pflanzlichen Lebenserscheinungen.

Wirkung des Lichtes.

Mit alleiniger Ausnahme der chlorophylllosen Schmarotzer haben alle Pflanzen unumgänglich Licht nötig. Ohne dasselbe ist es ihnen nicht möglich, ihren Lebenslauf vollständig und normal abzuspinnen, obschon damit nicht gesagt sein soll, daß sämtliche pflanzliche Lebensvorgänge unter Einwirkung des Lichtes vor sich gehen müssen. Das Licht dringt mehr oder minder tief in die oberirdischen Pflanzenteile ein und setzt sich hier in verschiedener Weise teils in chemisch wirkende, teils in Wärme erzeugende, teils auch in bewegende Kräfte um.

Die wichtigste Arbeit, die dasselbe für die Pflanze leistet, ist die Neubildung organischer Substanz aus anorganischen Verbindungen (Kohlensäure und Wasser), insofern ja davon das ganze Pflanzenleben überhaupt abhängt. Da bei dieser Neubildung nun aber stets Sauerstoff abgeschieden wird und die abgeschiedene Sauerstoffmenge nahezu der gleich ist, welche man zur Verbrennung nötig hat, so giebt die Summe der bei letzterer freiwerdenden Wärme ein Maß für die Größe der Arbeit, die das Licht in den assimilierenden Pflanzenzellen leistet. Verbrennen wir z. B. die Menge der durchs Licht entstandenen Pflanzenmasse, wie sie in einem mächtigen Baume aufgespeichert ist, und lassen wir die dabei entstandene Wärme auf eine Dampfmaschine einwirken, so können wir nach Meterzentnern, Pferdekräften, Atmosphärendruck ꝛc. die Kraft bestimmen, mit welcher das Sonnenlicht wirkte, als es sich unbeachtet und geräuschlos in die Blätter versenkte, um die Assimilation zu ermöglichen.

Hat das Licht eine gewisse Menge organischer Substanz gebildet, so können sich dann eine ganze Reihe von Vorgängen ohne seine weitere Mitwirkung vollziehen, wie die verschiedenen Umwandelungen, die die Assimilationsprodukte erleiden, ferner alle Keimungs- und Wachstumsprozesse.

Schließt man z. B. von irgend einer Pflanze einen mit Blütenknospen besetzten Zweig in eine Dunkelkammer ein, während die grünen Blätter dem Lichte ausgesetzt bleiben, so entwickeln sich neue Blütenknospen, und die im Finstern zur Entfaltung kommenden Blüten erreichen die volle Größe und Farbenpracht, wie die am Licht erschlossenen, bringen auch normal ausgebildete keimfähige Samen hervor. Natürlich geschieht dies einzig und allein auf Kosten der mit Hilfe des Lichtes assimilierten Stoffe, die ihnen durch den Stengel, dem sie ansitzen, zugeführt werden. Wie hier bei grünen Pflanzen gewisse Teile auf Kosten anderer leben, so leben die schmarotzenden auf Kosten der grünen Pflanzen, indem sie zu ihrem Aufbau und Unterhalt die Stoffe verwenden, die jene im Lichte geschaffen haben. Insofern sind sie, wenigstens indirekt ebenfalls vom Lichte abhängig, obschon einzelne, wie die

Trüffeln (Tuberaceae), ihre ganze Entwickelung in der Finsternis vollenden, oder andere, wie Schuppenwurz (Lathraea squamaria), Fichtenspargel (Monotropa hypopitys), Nestwurz (Neottia nidus avis), Korallenwurz (Corallorhiza innata) ꝛc. nur erst am Ende derselben hervortreten.

Das den Pflanzen so unentbehrliche Licht ist ein Gemenge von Strahlen, die eine verschiedene Brechbarkeit besitzen. Diese Strahlen wirken nun durchaus nicht in gleicher Weise auf alle im Pflanzenkörper vor sich gehenden Lebensprozesse. Manche dieser Prozesse werden hauptsächlich von den minder brechbaren Strahlen (rot, orange, gelb, grün) beeinflußt, während bei anderen wieder die stark brechbaren (blau, violett und ultraviolett) vorzugsweise beteiligt sind. Pflanzen, welche man so erzog, daß das auf sie fallende Sonnenlicht durch eine dicke Schicht von doppelt chromsaurem Kali hindurchgehen mußte und auf die infolgedessen das Sonnenlicht nur mit roten, orangen, gelben und zum Teil grünen Strahlen wirken konnte, zersetzten Kohlensäure und ergrünten genau wie im weißen Tageslichte, während andere hinter einer Kupferoxydammoniaklösung, welche nur die stark brechbaren Strahlen zur Geltung kommen läßt, sich bez. des Ergrünens und Assimilierens so verhielten, als befänden sie sich im Dunkeln. Doch war in letzterem Falle das Wachstum der Keimpflanzen dem Wachstum im weißen Lichte ähnlicher, und heliotropische Krümmungen traten mit größerer Energie ein. Eigentümlich hierbei ist, daß die Strahlen, welche in der Pflanze chemisch wirken, also Kohlensäure und Wasser zersetzen und Assimilationsprodukte bilden, eine Silberlösung unzersetzt lassen. Diejenigen also, welche im Dienste der Pflanze so große und wichtige Arbeiten verrichten, leisten nichts im Dienste des Photographen.

Gehen wir nun auf den Einfluß, den das Licht auf die verschiedenen pflanzlichen Lebensvorgänge hat, etwas näher ein.

Zunächst wirkt es bei der Bildung der Chlorophyllkörner mit. Zwar kann der erste Schritt dabei, die Abscheidung kleiner Portionen aus dem gesamten Protoplasma, auch in tiefer Finsterniß vor sich gehen, aber die so gebildeten, aus der Gesamtmasse hervortretenden Körnchen bleiben bei Lichtabschluß gelb. Sie ergrünen nur dann, wenn sie bei genügender Temperatur dem Lichte ausgesetzt werden. Eine Ausnahme hiervon machen jedoch die Keimpflanzen der Koniferen und die Farnblätter, bei denen das Ergrünen auch in völliger Dunkelheit eintreten kann. Für den Vorgang des Ergrünens scheinen die gelben Strahlen am wirkungsvollsten zu sein.

Obwohl das Licht für das Entstehen des Chlorophylls unbedingt nötig ist, so wirkt es in sehr intensivem Maße auf dasselbe auch wieder zerstörend. Zartere Blätter werden in sehr intensivem Lichte erst gebleicht, dann gebräunt und schließlich zum Absterben gebracht.

Was bezüglich der Chlorophyllbildung von den gelben Strahlen gesagt wurde, gilt auch für die Assimilation; ja hier leisten die gelben Strahlen allein so viel, als alle anderen zusammen. Die dabei stattfindende Sauerstoffausscheidung läßt sich sehr schön an untergetauchten Wasserpflanzen beobachten, bei denen der Sauerstoff an Querschnitten u. dergl., also an Wunden, in Form von Blasen hervortritt. Die Zahl der in einer Zeiteinheit austretenden Blasen giebt dann zugleich ein Maß für die Stärke der Assimilation. Bei Landpflanzen ist die Bestimmung des austretenden Sauerstoffes schwieriger

und kann der Austritt nicht in gleicher Weise mit den Augen verfolgt werden. Wollte man hier eine Kontrolle darüber ausüben, so müßte man einzelne Blätter oder beblätterte Sprosse in einen mit kohlensäurehaltiger Luft angefüllten Glascylinder oder Recipienten einschließen und nach einer bestimmten Zeit die veränderte Zusammensetzung der eingeschlossenen Luft untersuchen und den Sauerstoffgehalt bestimmen.

Doch haben wir noch ein anderes Mittel, der Arbeit des Lichtes schrittweise zu folgen:

Die ersten sichtbaren Assimilationsprodukte sind bekanntlich Einschlüsse von Stärkemehl, welche nach längerer oder kürzerer Beleuchtung im Chlorophyllkorn erscheinen, bei Verdunkelung dagegen wieder verschwinden (infolge fortgesetzter Verdunkelung verschwindet selbst das Chlorophyllkorn samt dem ganzen Protoplasma). Bei rasch wachsenden Blättern geschieht dies ungemein schnell, bei langsamer wachsenden sehr allmählich. Machen wir nun durch Verdunkelung die Chlorophyllkörner einer Pflanze stärkefrei, so läßt sich das Wiederauftreten der Stärke mit dem Vergrößerungsglase genau kontrollieren. Bei zarten Algen z. B. findet man im direkten Sonnenlichte bereits nach 5 Minuten Stärke innerhalb der grünen Zellen, im diffusen Tageslichte dagegen erst nach 2 Stunden. Der Erdrauch (**Fumaria officinalis**) bildet dergleichen in direktem Sonnenlichte in 2 Stunden, im diffusen Tageslichte dagegen nach 6 Stunden.

Die Lichtstärke, der die Pflanzen bedürfen, um assimilieren zu können, ist für verschiedene sehr verschieden. Vielen unserer Kulturpflanzen bieten schon unsere Zimmer nicht mehr die nötige Helligkeit dafür, während Schattenpflanzen, Farne u. dergl. es bei weit geringerer Helligkeit noch zu thun vermögen. In Beziehung darauf herrscht sogar oft eine große Verschiedenheit zwischen nahe verwandten Arten. So verträgt die Fichte eine Beschattung durch Hochwald sehr leicht, die Kiefer dagegen nicht. Hat eine Pflanze nicht genug Licht, um gehörig assimilieren zu können, so verkümmert sie und siecht allmählich dahin, ohne ihre vollkommene Entwickelung erreicht zu haben. So geht es in der Regel jungen Pflanzen unter großblätterigen, in hohem Grade beschattend wirkenden Unkräutern; so geht es, wie oben angedeutet, auch den lichtbedürftigen Zimmerpflanzen.

Auf die Bewegung des farblosen Protoplasma ließ sich ein Einfluß des Lichtes bisher nicht feststellen. Es findet dieselbe im Dunkeln oder in tiefster Finsternis genau so, wie im Lichte, statt. Selbst in den Haaren gespindelter Sprosse konnte sie beobachtet werden. Auf die Plasmodien einiger Schleimpilze wirkt das Licht offenbar abstoßend. Die Lohblüte, das dottergelbe schaumige Plasmodium von **Aethalium septicum**, tritt nur im Dunkeln an die Oberfläche der Lohe hervor und zieht sich beim Lichte sofort wieder in die Zwischenräume derselben zurück.

Bei chlorophyllhaltigen Pflanzen zeigen sich verschiedene Bewegungen des Protoplasma vom Lichte unmittelbar abhängig. Die wechselnde Beleuchtungsstärke veranlaßt dasselbe, sich an verschiedenen Orten der Zellwände mehr oder minder stark anzuhäufen und dabei zugleich die Verteilung der Chlorophyllkörner im Zellinnern zu ändern. Mit dieser Veränderung hängt z. B. die Erscheinung zusammen, daß grüne Blätter nach Beleuchtung durch die Sonne heller grün gefärbt erscheinen, als solche im zerstreuten Lichte

oder im Schatten. Bei teilweiser Verdunkelung, also nach Bedeckung einzelner Blattstellen durch Stanniolstreifen, erscheint demgemäß an den beleuchteten Stellen eine hellgrüne, an den bedeckten eine sattgrüne Färbung. Auch die Bewegung der Schwärmsporen vieler Algen wird vom Lichte beeinflußt. Manche werden durch dasselbe angezogen, andere wieder abgestoßen. Hier wirken, ebenso wie bei der Chlorophyllwanderung, nicht die minder, sondern gerade die stärker brechbaren Strahlen.

Die das Wachstum mitbedingenden Zellteilungen geschehen völlig ohne Mitwirkung des Lichtes, sobald und solange Reservestoffe vorhanden sind, welche das Wachstum unterhalten. Sie gehen deshalb an Orten, die gar kein Licht erhalten, wie in den die tieferen Erdschichten durchsetzenden Wurzeln oder in dem von dicken Rindenlagen umgebenen Cambium, gerade so vor sich, wie an der dem Lichte ausgesetzten Epidermis oder in den unmittelbar darunter befindlichen Zellagen. Es gilt dies freilich nur für die höheren Pflanzen, bei denen die Stellen, wo diese Vorgänge sich vollziehen, räumlich getrennt sind. Bei niederen Pflanzen, z. B. Algen, wo dies nicht der Fall ist, assimilieren die Zellen während des Tages, die Zellteilungen aber finden während der Nacht statt. In der Nacht allein werden bei den Spirogyren, Vaucherien u. a. die Schwärmsporen gebildet, die dann in den früheren Morgenstunden aus den Mutterzellen hervortreten, um im Wasser eine Zeit lang umherzuwimmeln. Der reizende Kugelwerfer (Pilobolus crystallinus) assimiliert nicht selbst, nimmt aber während des Tages nur Nahrung aus dem Substrat, das sein Mycel durchzieht, auf und bildet am späten Nachmittage höchstens noch senkrechte Hyphen. Die Bildung des Sporangiums auf der Spitze derselben und die Sonderung des vom Sporangium umschlossenen Protoplasma in viele Tausende einzelner Sporen geschieht während der Nacht.

Auf das eigentliche Wachstum, d. h. auf die Streckung der neugebildeten Zellen unterhalb der Vegetationsspitze bei ihrem allmählichen Übergange in den Dauerzustand, scheint das Licht verzögernd einzuwirken. Die Sprosse (Achsen) im Finstern wachsender Pflanzen werden, abgesehen von der bleichen Färbung (da sich in ihnen kein Chlorophyll bildet), länger, freilich aber auch dünner und schlaffer, als die am Lichte entwickelten. Das Gleiche gilt für die Blätter der Monokotylen, während bei denen der Dikotylen und Farne gewöhnlich das Gegenteil der Fall ist, diese sich im Dunkeln sehr oft nicht ausbilden oder zwergenhaft bleiben. Man bezeichnet die Abänderung, die wachsende Pflanzenteile in der Dunkelheit erleiden, als Vergeilung (Etiolement). Dieses Etiolement, das sich z. B. sehr schön an Kartoffeltrieben, die im Keller entstehen, beobachten läßt, wird nicht immer durch völlige Dunkelheit hervorgerufen; es macht sich schon gradweise bei mehr oder minder tiefem Schatten geltend. An Blüten zeigt es sich niemals.

Die Wirkung der ungenügenden Beleuchtung auf das Wachstum tritt uns beim Lagern der Feldfrüchte, besonders des Getreides, entgegen. Die unteren Halm- bez. Stengelglieder bleiben infolge des dichten Standes, der dem Lichte den Zugang abschließt, weich und schlaff und werden daher durch Wind und Regen leicht niedergeworfen. Bei näherer Untersuchung wird man auch an den unteren Halmgliedern gelagerten Getreides stets

eine größere Länge und längere, von dünnen Zellwänden umschlossene Zellen, wie man sie im etiolierten Zustande findet, beobachten.

Wirkung der Temperatur.

Da die Pflanze atmet, so muß sie auch selbst Wärme produzieren. Die Wärmeproduktion ist aber bei ihr, wie bei den niederen Tieren, eine ziemlich geringe. Infolgedessen hängt bei ihr ebenso, wie bei jenen, die Temperatur fast einzig und allein von der äußeren Luft ab, mit der sie, durch Leitung ebenso wohl als durch Strahlung, in einem fortwährenden Wärmeaustausche steht. Die Wärmeleitung ist bei der Pflanze allerdings nur gering; alle Pflanzen sind schlechte Wärmeleiter. Desto bedeutender ist aber dafür die Wärmestrahlung, und dies ist natürlich um so mehr der Fall, je mehr sich am einzelnen Pflanzenteile die Oberfläche im Verhältnisse zur Gesamtmasse ausbreitet. Man denke nur an die Blätter, deren bedeutend entwickelte Flächen sehr oft noch dicht behaart sind. Als energisch wirkende Abkühlungsursache kommt bei oberirdischen Pflanzenteilen hierzu noch die Verdunstung.

Infolge der eben angezogenen drei Faktoren: der Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Verdunstung werden kleinere Wasserpflanzen und unterirdische Pflanzenteile immer nahezu dieselbe Temperatur haben, wie das umgebende Mittel, Blätter und dünne Stengelteile dagegen etwas kälter, dicke Stammteile (da bei ihnen die Wärmeleitung langsam vor sich geht, und die Wärmestrahlung wie die Verdunstung gering sind) bald kälter, bald wärmer, als die umgebende Luft sein. Wie bedeutend die Temperaturerniedrigung nur allein durch Ausstrahlung werden kann, läßt sich in einer hellen Sommernacht leicht in dem Grase einer der Ausstrahlung besonders ausgesetzten Wiese beobachten. Es wird hier das Thermometer stets mehrere Grade (nach Boussingault selbst 7°—8° C.) tiefer zeigen, als in der darüber befindlichen Luft. Zeigt die Luft nur wenig über 0 Grad, so wird die Temperatur unter 0 herabsinken und das Blattwerk der Pflanze wohl gar erfrieren. Von dieser Temperaturerniedrigung hängen die oft so ausgiebige Taubildung im Sommer, sowie die Reifbildung im Frühjahre und Spätherbste ab.

Was nun den Einfluß der Temperatur auf verschiedene Lebenserscheinungen der Pflanze anlangt, so ist nachgewiesen worden, daß jeder pflanzliche Lebensvorgang in bestimmte Temperaturgrenzen eingeschlossen ist; d. h. er kann sich in einer Temperatur noch nicht vollziehen, die ein gewisses Minimum nicht erreicht und kann nicht mehr auftreten, wenn ein gewisses Maximum überschritten wird. Zwischen beiden, dem Minimum und Maximum, giebt es wieder einen günstigsten Temperaturgrad, ein Optimum, wo eine Verrichtung am schnellsten und glücklichsten verläuft. Von dem Minimum zum Optimum wird natürlich eine Steigerung, und von da bis zum Maximum wieder ein Abnehmen der betreffenden Verrichtung wahrzunehmen sein. So geht z. B. die Keimung der Weizenkörner schon bei 5° C. vor sich, erfolgt aber auch noch bei 42° C. Am raschesten vollzieht sie sich aber bei 28,7°. Von 5° C. bis 28,7° C. aufsteigend geht sie immer leichter und schneller vor sich, je mehr sich die Temperatur dem Optimum 28,7° nähert. Dann verlangsamt sie sich wieder allmählich bis 42,5°, der äußersten Grenze, hinter

welcher eine Keimung gar nicht mehr von statten geht. Für die Keimung einiger anderer Kulturpflanzen giebt folgende Tabelle die betreffenden Temperaturgrade (n. Sachs):

	Minimum	Optimum	Maximum
Gerste . . .	5 ° C.	28,7 ° C.	37,5 ° C.
Mais	9,4 °	33,7 °	46,2 °
Bohne . . .	9,7 °	33,7 °	46,2 °
Kürbis . . .	13,7 °	33,7 °	46,2 °

Für Mohn scheint die günstigste Keimungstemperatur zwischen 16 ° und 18 ° C. zu liegen, für Roggen, Lein, Kümmel, Erbsen scheint sie 23 °, für Hafer 25 °, für Tabak, Saubohne 27 °, für Rotklee 31 ° zu sein.

Während bei den meisten Kulturpflanzen unterhalb 5 ° C. die Keimung gar nicht mehr eintritt, keimen wildwachsende Pflanzen noch bei tieferen Temperaturen, ja Alpenpflanzen oft wohl schon wenig über 0 °. Uloth sah die Samen von je einer Spezies Acer und Triticum sogar im Innern eines Eiskellers keimen und ihre Wurzeln in Eisstücke einsenken.

Das Wachstum anlangend, so wurde für Weizen 7,5 ° C., für Mais dagegen 9,6 ° C. als Minimum und 28,5 ° C. bez. 33,4 ° C. als Optimum festgestellt. Die bezüglichen Maxima sind mir nicht bekannt geworden. Als günstigste Wachstumstemperatur für die Feuerbohne erkannte man 26,5 ° C.

Ebenso wie fürs Wachstum giebts auch für andere Vorgänge innerhalb der Pflanze nur wenig sichere Temperaturbestimmungen. Nach Prof. Sachs liegt die niedrigste Temperatur fürs Ergrünen der Chlorophyllkörner für die Feuerbohne und den Mais bestimmt oberhalb 6 ° C. und wahrscheinlich unter 15 ° C.; beim Raps (Brassica napus) oberhalb 6 °, bei der Pinie (Pinus pinea) zwischen 7 ° und 12 ° C. Die höchstmögliche Temperatur für das Ergrünen der schon vorhandenen, aber noch gelben Blätter liegt für die erstgenannten Pflanzen oberhalb 33 ° C. Mit dem Ergrünen der Chlorophyllkörner wird in den meisten Fällen wohl auch schon die Assimilation beginnen, sie wird also bei der gleichen oder wenig höheren Temperatur von statten gehen*). Für die Lärche (Larix europaea) wurde nachgewiesen, daß sie schon bei 0,5—2,5 ° C., für Wiesengräser, daß sie bei 1,5—3,5 ° C. Kohlensäure zersetzten und Sauerstoff abschieden, also assimilierten. Moose und Flechten thun dies vielleicht bei noch niederer Temperatur.

Weiter beeinflußt die Temperatur auch die Protoplasmaströmungen innerhalb der Pflanze. An einer Nitella konstatierte man bei 0 ° ein Stillstehen der betreffenden Strömungen, bei allmählicher Steigerung der Temperatur eine Beschleunigung und schließlich ein plötzliches Aufhören, sobald 37 ° C. überschritten waren. In den Staubfädenhaaren der Tradescantia hörte die Protoplasmaströmung in einer Temperatur von 49 ° C. auf, um später bei niedriger Temperatur wieder zu beginnen; ja in den Haaren vom Kürbis dauerte sie bei 49—50 ° C. noch 10 Minuten lang an.

Auch die Reizbarkeit und die periodische Bewegung vieler Blätter bedürfen bestimmter Wärmegrade. Mimosa pudica, die schamhafte Sinnpflanze, reagiert nicht bei einer Temperatur, die 15 ° noch nicht erreicht. Erst ober-

*) Nach den Untersuchungen Prof. Pringsheims ist die Bildung des Chlorophylls nicht Bedingung der Assimilation, sondern eine der nächsten Folgewirkungen derselben.

halb dieses Minimums senkt sie infolge von Berührung ihre Blätter, dabei die Teilblättchen aneinander legend, und Hedysarum gyrans, der Wandelklee, beginnt erst bei Temperaturen, die 22 ° C. übersteigen, die eigentümlichen Bewegungen seiner seitlichen Blättchen. Was die obere Temperaturgrenze für die Reizbarkeit der Mimosenblätter anlangt, so hängt sie von der Zeitdauer ab, binnen welcher die betreffenden Blätter einer Luft von so hoher Temperatur ausgesetzt sind. Dieselben verlieren ihre Reizbarkeit in einer Luft von 40 ° C. binnen einer Stunde, in solcher von 45° nach einer halben Stunde, in solcher von 45—50 ° in wenigen Minuten, treten aber nach dem Sinken der Temperatur aus ihrem Starrezustand wieder heraus. Eine Temperatur von 52 ° hat für sie dauernde Unbeweglichkeit und den Tod zur Folge.

Temperaturen, die über das Maximum hinaus- oder unter das Minimum hinuntergehen, vermögen die lebende Pflanzenzelle zu töten; doch hängt die Widerstandsfähigkeit pflanzlicher Gewebe gegen derartige Temperaturen lediglich vom Wassergehalte ab. Saftreiche Gewebe werden schon unter 50 ° C. getötet.

Bei krautigen Pflanzen treten die ersten Spuren der schädlichen Wärmewirkung gewöhnlich an den eben erwachsenen Blättern auf, während die jüngeren, noch nicht vollständig entwickelten und alte, besonders aber deren Blattstiele, sowie grüne Stengelglieder, länger widerstehen. Die Erscheinungen, die infolge der Tötung durch hohe Temperaturen zur Wahrnehmung kommen, bestehen darin, daß die Zellwandungen ihre Straffheit verlieren, wobei sie den Zellsaft in die Zwischenzellräume übertreten lassen und nicht mehr vor Verdunstung schützen, und daß ferner das Protoplasma seine Bewegung einbüßt und seine Organisation ändert*). Infolge dieser Veränderungen werden die Pflanzenteile weich und schlaff, lassen bei leichtem Drucke schon Wasser austreten (besonders Saftpflanzen, wie Aloë, Crassula, Cactus), welken sehr rasch und trocknen schnell zusammen. Die Anzeichen des erfolgten Todes beobachtet man in dem einen Falle schneller, im anderen langsamer, spätestens aber in einigen Tagen, selbst dann, wenn die Pflanze längst wieder in normale Temperatur zurückversetzt wurde.

Im Gegensatze zu vegetierenden Pflanzenteilen können lufttrockene Samen eine ziemlich hohe Temperatur vertragen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, wenn auch die Widerstandsfähigkeit bei den Samen von verschiedenen Pflanzen verschieden zu sein scheint. Erbsen keimten noch, nachdem sie eine Stunde lang einer Temperatur von 70 ° C. ausgesetzt gewesen waren. Von Weizen- und Maiskörnern, die ebenfalls eine Stunde lang auf 65 ° erwärmt worden waren, trieben noch 25 % Keimschläuche. (In Wasser gequellte Erbsen waren bei 54—55 °, gequellte Roggen-, Gerste-, Weizen- und Maiskörner bei 53—54 ° C. nach einer Stunde keimunfähig.) Ähnlich den Samen verhalten sich die Sporen der Schimmelpilze.

Ganz unverhältnismäßig hohe Temperaturen vermögen die Sporen vieler Schizomyceten, selbst innerhalb mancher Flüssigkeiten, unbeschadet ihrer Keimfähigkeit auszuhalten. Die von Bacillus subtilis, einem in faulenden

---

*) Während es früher aus einer farbigen Lösung den Farbstoff nicht aufnahm, geschieht es jetzt. Es giebt ihn aber, sobald der betreffende pflanzliche Gewebsteil ins Wasser gelegt wird, wieder an dasselbe ab.

Flüssigkeiten sehr häufig auftretenden Spaltpilze, keimen selbst dann noch aus, wenn sie 1/2 Stunde lang in einer siedenden Flüssigkeit verweilten.

Den Einfluß niederer Temperaturen anlangend, so gehen selbst die härtesten Kältegrade, die man im Freien beobachtet, an trockenen Pflanzenteilen, wie den Winterknospen der Bäume und Sträucher, den Zweigen der Holzpflanzen, den Samen rc. spurlos vorüber und lassen nicht die geringste Veränderung im Sinne des Gefrierens beobachten, während dagegen saftreiche Organe (als Blätter, krautige Stengel, Zwiebeln, Knollen, ja selbst die Äste von Bäumen und Sträuchern im vegetierenden, also dem Zustande der Saftfülle) außerordentlich leicht von dem Froste getötet werden. Einheimische Pflanzen, die sich spät entwickelten und noch in voller Vegetation vom Winter überrascht werden, sehen wir stärkeren Fröste stets erliegen. Deshalb vermögen auch Obstbäume und Weinstöcke nach einem kühlen Sommer und kurzem Herbste, die ihre Vegetation nicht zum Abschluß kommen, ihr Holz also nicht genügend ausreifen, sondern weich und saftig bleiben lassen, größeren Kältegraden nicht leicht zu trotzen, sondern erfrieren bis auf das vorjährige Holz.

Eine sehr große Empfindlichkeit gegen niedere Kältegrade, gewissermaßen eine Art Verzärtelung, beobachten wir an den Gewächshauspflanzen. Ihre Triebe sind im Verhältnis zu den im Freien gezogenen stets saftreicher und zarter, erfrieren aus diesem Grunde aber auch leichter. Pflänzchen von Weizen, Gerste und Wicke, die Professor Haberland in Wien bei 20—24 ° C. im Warmkasten erzogen hatte, erfroren schon bei einer Temperatur von — 6 ° C., solche, die er bei 10—12 ° C. erzog, gingen dagegen erst bei — 9 ° bis — 12 ° C. zu Grunde.

Bei 0 ° selbst gefrieren die Pflanzen noch nicht, weil ihr Zellinhalt ein Gemisch von Lösungen sehr verschiedener Stoffe darstellt, deren Gefrierpunkt niedriger als der des Wassers ist. Wie wir aber früher gesehen haben, kann auch die Temperatur innerhalb der Pflanze leicht unter 0 ° sinken, selbst wenn die Lufttemperatur 0 ° noch nicht einmal ganz erreichte, und tropische Pflanzen können, auch ohne zu gefrieren, durch Temperaturen zu Grunde gehen, die noch nicht bis auf 0 ° herabgesunken sind.

Bei dem wirklichen Gefrieren eines Pflanzenteiles kristallisiert ein Teil des Zellwassers aus und bildet kristallinische Eismassen zwischen den Geweben, die dadurch zerklüftet werden können, ohne daß der Zellinhalt selbst gefriert, oder aber die Pflanzenteile erstarren gleichmäßig durch und durch zu steinharten Körpern. Letzteres geschieht in der Regel, wenn sehr starke Kältegrade plötzlich eintreten.

Gefrorene Pflanzenteile sind hart und spröde und brechen wie Glas. Zuweilen beobachtet man an ihnen mancherlei Krümmungen. Dieselben rühren dann daher, daß beim Beginne des Gefrierens gewisse Zellpartien durch das austretende Zellwasser die frühere Straffheit einbüßten, der betreffende Pflanzenteil infolgedessen sich wie welk neigte und dieser Zustand durch das Gefrieren zu einem dauernden gemacht wurde. An grünen Blättern lassen sich nach dem Gefrieren sehr oft auch Farbenveränderungen beobachten. Damit sind aber nicht die Änderungen der Farbe gemeint, die wintergrüne Blätter bei Beginn der kälteren Jahreszeit normal annehmen, auch nicht die Veränderungen, die infolge des wirklich eingetretenen Todes (nach dem Wieder-

auftauen) zur Erscheinung kommen, sondern die, welche allmählich und beim Wiederkehren der Wärme wieder schwinden und der normalen Färbung weichen. Sie bestehen darin, daß entweder das ganze vorher undurchsichtige Gewebe glasartig durchsichtig wird, oder daß in dem dunkelgrünen Kolorit der Blätter blaßgrüne bis weißliche Flecke auftreten. Ersteres geschieht, wenn bei hoher Kälte ein Organ durch und durch zu Eis erstarrt, letzteres, wenn die gebildeten Eiskrusten stellenweise die Oberhaut abheben. Im letzteren Falle bedingt die zwischen den Eiskristallen enthaltene Luft das helle Aussehen, während die übrigen Stellen, da sie saftärmer und in ihrem Gewebe mehr zusammengezogen sind, dunkelgrün erscheinen.

Mit dem Gefrieren ist durchaus nicht immer der Tod verbunden. Derselbe tritt aber ein, wenn das Auftauen plötzlich erfolgt. Geschieht es langsam, so saugen die Zellhäute und das Protoplasma das in den Zellzwischenräumen beim Übergange in den flüssigen Zustand gebildete Eis allmählich wieder auf und erhalten damit ihre frühere Straffheit samt allen Eigenschaften des frischen, lebenden Zustandes zurück. Dabei ziehen sich auch die Eisklüfte wieder auf die Weite der früheren Intercellularräume zusammen. Pflanzen, die durch plötzliches Auftauen getötet wurden, zeigen in ihren Geweben ganz dieselben Erscheinungen, wie die, welche infolge hoher Wärmegrade zu Grunde gingen.

Die gesamte Pflanzenwelt ist in hohem Grade von der Temperatur abhängig. Auf dieser Abhängigkeit beruht zugleich auch die Abhängigkeit von Klima und Jahreszeiten. Die Pflanzen der tropischen Gegenden gedeihen nicht in gemäßigten Klimaten, und umgekehrt. Nur einzelne wenige, besonders Kulturpflanzen und Unkräuter, haben sich eine gewisse beschränkte Unabhängigkeit bewahrt und besitzen demgemäß ein größeres, über verschiedene Klimate ausgedehntes Verbreitungsgebiet.

Auf freiem Terrain, ohne Schutz von Bäumen u. dergl., gehen nach Professor Göpperts Beobachtungen schon beim schwächsten Froste eine große Anzahl von unseren exotischen Sommergewächsen zu Grunde, nämlich: bei — 1 bis — 1,5° Coleus Verschaffeltii; bei — 1,5° die Gurke, der Kürbis und die Zwergbohne (Phaseolus nanus); bei — 2° das indische Blumenrohr (Canna indica), die Georgine (Dahlia variabilis); bei — 2 bis — 3° der Mais (Zea mays), die Reismelde (Chenopodium Quinoa), der Liebesapfel (Lycopersicum esculentum), die Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus), der Wunderbaum (Ricinus communis); bei — 4° die Tollkirsche (Atropa belladonna), die Kermesbeere (Phytolacca decandra) 2c. Dagegen überstehen viele unserer einheimischen Gewächse, wie Kreuzkraut (Senecio vulgaris), Vogelmeier (Stellaria media), Hirtentäschel (Capsella bursa pastoris), Gänseblümchen (Bellis perennis), — 10°, selbst — 15° C., ohne jeglichen Nachteil; ja alpine Steinbrech-Arten (Saxifraga) sollen ohne Schnee — 20° bis — 25° C. ertragen.

Doch nicht bloß die Pflanzen verschiedener Klimate besitzen eine ungleiche Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse niederer Temperaturen, dieselbe läßt sich auch an Pflanzen eines und desselben Klimas beobachten. So erfrieren die jungen Triebe der Eiche schon bei schwachen Maifrösten, während die der Ulme dabei nicht im geringsten leiden.

Wegen der größeren Wärmeentwickelung übertrifft die Flora der Tropen-

länder an Reichtum die Flora aller übrigen Zonen; im schroffsten Gegensatze zu ihr als der reichsten, steht die der Polarzone als die ärmste.

Forscht man nach den wirklichen Ursachen davon, daß die Pflanzen der heißen Zone in kälteren Gegenden nicht gedeihen, so wird man sie bald darin finden, daß 1) die Sommertemperatur nicht die mittlere Höhe erreicht, welche zu einer ausgiebigeren Unterhaltung der Lebensverrichtungen erforderlich ist, 2) daß der Sommer nicht die nötige Länge besitzt, um die für die Entwickelung genügende Dauer der Wärme zu gewähren, und 3) daß die Gewächse keinem eigentlichen Winter angepaßt sind, weil keine Vegetationsruhe und infolgedessen auch kein Ausreifen stattfindet, sie vielmehr immer zart und saftig bleiben. Im Gegensatze hierzu fehlt den hochnordischen und hochalpinen Pflanzen in wärmeren Klimaten der lange Winter und der kurze Sommer, denen sich einmal ihre ganze Entwickelung angepaßt hat.

In den gemäßigten und kälteren Klimaten geht die Entwickelung der Pflanzen hauptsächlich im Sommer vor sich, im Winter sinkt sie bedeutend herab, ja steht scheinbar ganz still. Doch wird dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, daß auch während des Winters in frostfreien Zeiten an verschiedenen ausdauernden Kräutern neue Triebe erscheinen, daß die Knospen der Bäume an Umfang zunehmen, nicht zu gedenken der Gewächse, welche unter dem Schnee ihre Blütenknospen so weit entwickeln, daß sie sich sofort entfalten, wenn durch die Thätigkeit der Sonne ein Zugang, eine Öffnung im Schnee entstanden ist, wie die Schneerose oder Christwurz (Helleborus niger), das Schneeträpfchen (Galanthus nivalis) zeigen. Sehen wir doch oft auch an den Rändern der Gletscher das Eis ganz von Blütenstengeln durchspickt. Eine Alge, die rote Schneealge (Protococcus nivalis), erscheint nur auf dem Schnee. Dafür entwickelt aber auch eine andere im Karlsbader Sprudel bei einer Temperatur von 45° bis 53° C. noch ihre Polster.

Wirkung der Elektricität.

Auf jeden Fall müssen die zahlreichen chemischen Umsetzungen, die im Pflanzenkörper vor sich gehen, auch mit Störungen des elektrischen Gleichgewichtes verbunden sein. Diese thatsächlich nachzuweisen, ist aber bis jetzt noch nicht gelungen.

Wie die häufigen Blitzschläge in Bäume vermuten lassen, wird durch dieselben vorzugsweise die Ausgleichung der Spannung zwischen der Luft- und Erdelektricität herbeigeführt. Es sind ja überhaupt die Pflanzensäfte gute Leiter. Durch die Blitzschläge wird der Baum in der Regel mehr oder weniger beschädigt, bald dauernd, bald nur zeitweilig. An kleineren Pflanzen hat man dagegen niemals eine tiefer gehende Beschädigung oder überhaupt eine tödliche Wirkung von Blitzschlägen wahrgenommen. Auch auf reizbare Blätter, wie z. B. auf die der schamhaften Sinnpflanze (Mimosa pudica), wirken stärkere elektrische Schläge nur ähnlich wie bloße Erschütterungen oder hohe Temperaturen.

Der Einfluß der **Schwerkraft** auf die pflanzlichen Lebenserscheinungen wird erst im folgenden Abschnitte gelegentlich der an den pflanzlichen Organen auftretenden Bewegungen zur Besprechung gelangen.

5. Die an den pflanzlichen Organen auftretenden Bewegungen.

An jeder lebendigen Pflanze lassen sich Bewegungen wahrnehmen; bewirkt doch schon der Zuwachs eine räumliche Verschiebung.

So lange des Lebens Pulse schlagen, treten Ortsveränderungen im Protoplasma ein, die freilich nur selten eine freie Ortsbewegung zur Folge haben, weil die umschließende Zellhaut nach außen zur Schranke wird. Doch soll hier weder von den allgemeinen Wachstumsbewegungen, noch von den Protoplasmabewegungen die Rede sein. Wir wollen an dieser Stelle vielmehr die bald langsamer, bald wieder schneller vor sich gehenden Krümmungen bez. Zuckungen betrachten, welche an den verschiedensten Pflanzengliedern zum Ausdruck kommen. Diese Bewegungen können einesteils unabhängig von äußeren Anstößen erfolgen, andernteils aber auch durch solche Anstöße hervorgerufen werden. Darnach lassen sich selbständige (autonome oder spontane) und durch äußere Einwirkungen vermittelte (Rezeptions-) Bewegungen unterscheiden. Weil dergleichen Bewegungen stets Krümmungen oder Nutationen (d. i. ein Nicken nach dieser oder jener Seite) herbeiführen, redet man wohl auch von autonomen und rezeptiven Nutationen. Zu den äußeren Kräften, welche bei den letzteren beteiligt sind, gehören Licht, Schwerkraft, Berührung u. s. w.

Daß Bewegungen nicht an jedem Pflanzengliede zustande kommen können, ist klar. Niemals werden solche an verholzten Stämmen und Zweigen oder an ausgewachsenen und nicht auf besondern Kissen sitzenden Blättern vor sich gehen. Sollen Bewegungen eintreten, muß auch Bewegungsfähigkeit vorhanden sein, und diese findet sich wohl an noch wachsenden, aber selten an schon ausgewachsenen Pflanzenteilen. In seinem neuesten Werke (Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Übersetzt von J. Victor Carus, Stuttgart 1881) suchte Charles Darwin die sämtlichen pflanzlichen Bewegungen auf eine Grundbewegung, „die Circumnutation", zurückzuführen und faßte die verschiedenartigsten Bewegungserscheinungen in geistreichster Weise unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammen. Es hat darauf aber Prof. Wiesner nachgewiesen, daß die Circumnutation (s. w. u.) selbst unter wachsenden Organen nicht allgemein verbreitet sei und deshalb durchaus nicht als die allen noch lebenden Pflanzenteilen eigentümliche Urbewegung angesehen werden könne, als welche sie von Darwin hingestellt wird.

Spontane Nutation.

Richten wir unser Augenmerk zunächst auf wachsende Pflanzenachsen und Wurzeln, so sehen wir, daß bei ihnen, trotzdem sie allseitig gleichartig (multilateral) gebaut sind, das Wachstum doch nicht immer an allen Seiten gleichmäßig vorwärts schreitet, sondern daß bald die eine, bald die andere Seite rascher wächst und infolgedessen Krümmungen entstehen, welche die rascher wachsende erhaben, die langsamer wachsende vertieft erscheinen lassen. Es macht sich diese Erscheinung, die wir undulierende Nutation nennen wollen, an den betreffenden Organen als eine Sförmige Krümmung bemerklich.

Man kann sie an fast allen Keimstengeln, aber auch an vielen Laubstengeln und Blütenschäften wahrnehmen. Sehr deutlich beobachten wir sie z. B. an den Keimlingen der Futterwicke (Vicia sativa), die innerhalb eines Internodiums zwei, drei und mehr Krümmungen bilden, ferner an den Blütenschäften des Porree (Allium porrum).

Umläuft das stärkere Wachstum nach und nach den ganzen Stengel, und zwar so, daß zunächst etwa die Nordseite am schnellsten wächst, von dieser das schnellere Wachstum allmählich auf die Westseite, dann auf die Südseite, endlich aber auf die Ostseite übergeht, von der es wieder zur Nordseite zurückkehrt, um den Lauf in gleicher Weise weiter fortzusetzen; oder verläuft diese Erscheinung in umgekehrter Folge, so macht sich die revolutive oder rotierende Nutation (von Charles Darwin Circumnutation genannt) geltend. Die überhängende Stengelspitze nickt dabei uhrzeigerförmig in einem Kreise herum. Sehr viele Blütenstengel, unter andern der Raps (Brassica napus), zeigen dieses Ringsumherneigen vor Entfaltung der Blüten. Da der Gipfel sich während der Erscheinung immer höher erhebt, so beschreibt die rotierende Bewegung keine Kreis-, sondern eine Spirallinie. Eine große Rolle spielt die revolutive Nutation bei dem weiter unten zu besprechenden Winden bez. Klettern verschiedener Pflanzen.

Eine dritte Form der selbständigen Nutation besteht darin, daß der Stengel mit jedem Gliede eine andere Wachstumsrichtung annimmt und sich infolgedessen zickzackförmig aufbaut. Sie kommt dadurch zustande, daß die der Knospe, oder wenn man will, die dem Blatte zugekehrte Seite stärker, als die entgegengesetzte wächst. Sehr leicht läßt sich diese Erscheinung, die Prof. Wiesner als unterbrochene Nutation bezeichnet, an Wicken, besonders an der Vogelwicke (Vicia cracca), ferner an Linde, Ulme, Rose u. s. w. wahrnehmen. Daß bei derselben nicht ein Druck seitens der Knospe als veranlassende Ursache anzusehen ist, geht daraus hervor, daß nach den Beobachtungen des genannten Forschers die Stengelglieder sich auch dann vom Blatte abwenden, wenn die Achselknospe fehlschlägt oder künstlich beseitigt wird.

Bei den zweiseitig (bilateral) gebauten Organen, den Blättern und blattähnlichen Achsen, findet sehr häufig ein Wachstumsunterschied auf den beiden entgegengesetzten Seiten statt. Gewöhnlich wächst an den Blättern zuerst die Unterseite stärker; sie krümmen sich infolgedessen dem Stengelteile, dem sie ansitzen, konkav zu. (Hierauf beruht die Überwölbung der Stammspitze in der Knospe.) Später tritt regelmäßig das Umgekehrte ein, und das stärkere Wachstum geht auf die Ober- bez. Innenseite über. Die Folge davon ist, daß sich nunmehr das Blatt streckt oder selbst rückwärts krümmt.

Dieselbe Erscheinung findet sich an vielen Ranken (z. B. an denen der Kürbisgewächse), welche aus gleichen Ursachen anfangs einwärts gerollt sind, sich aber später strecken und schließlich auswärts rollen.

Nach dem Pflanzenphysiologen de Vries wird das stärkere Wachstum auf der Unter- bez. Außenseite eines bilateral gebauten Organs als Hyponastie, das der Ober- bez. Innenseite als Epinastie bezeichnet. Ebenso wie die Blätter nutieren sehr häufig auch lange Staubgefäße. Bei denen der Weinraute (Ruta graveolens) wechseln sogar Außen- und Innenwachstum mehrmals miteinander ab. Denn zunächst entfernt sich mit dem

Entfalten der Blüte das Staubgefäß vom Fruchtknoten; dann legt es sich demselben in der geöffneten Blüte an und bewegt sich vor dem Welken derselben abermals nach den Blumenblättern hin. Außer bei der Weinraute sind die für die Befruchtungsvorgänge äußerst wichtigen Nutationen der Staubgefäße*) auch bei der Berberitze (**Berberis vulgaris**), dem Sumpfherzblatt (**Parnassia palustris**), dem Diptam (**Dictamnus fraxinella**) sehr schön ausgebildet. Zu gleichem Zwecke und in ähnlicher Weise nutieren bei der Passionsblume (**Passiflora**), beim Schwarzkümmel (**Nigella sativa**) u. a. der Griffel, bei der Gauklerblume (**Mimulus**), der Martynie (**Martynia**) und mehreren Arten vom Weidenröschen (**Epilobium**) die Narbenlappen.

Während die bisher besprochenen selbständigen Krümmungen auf Wachstumserscheinungen beruhen, so giebt es nun aber auch solche Krümmungen, die nicht durch Wachstum fixiert, sondern wieder rückgängig werden. Prof. Pfeffer bezeichnete dieselben als Variationsbewegungen.

Dieselben treten, in geringerem oder stärkerem Grade besonders an den zusammengesetzten Blättern verschiedener Hülsenfrüchtler (Leguminosen) hervor. Schon im vorigen Jahrhundert zogen die Bewegungen der Seitenblättchen vom Wandelklee (**Desmodium gyrans**) (S. 93) die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich. Dieselben beschreiben bei sehr schneller Bewegung kreisförmige, für gewöhnlich aber elliptische Bahnen, deren lange Achse annähernd parallel dem Hauptblattstiele gerichtet ist. Nach einer mir zugänglichen Beobachtung war ein Umlauf bei 35° C in 85—90 Sekunden, bei 28°—30° in 4 Minuten vollendet; bei 22° C hörte die Bewegung auf. Schwingungen erheblicher Art beobachtete man ferner an den Blättern vom Sauerklee (**Oxalis acetosella**) und vom gemeinen Wiesenklee (**Trifolium pratense**), geringere an den Blättern der Bohne (**Phaseolus**), Mimose u. a.

Als Variationsbewegung wird auch die ansehnliche Nutation des Griffelsäulchens in der Blüte von **Stylidium adnatum** (einer hübschen neuholländischen Zierpflanze) angesehen. Bei ihrem Nutieren wird sie dem Polster der Unterlippe angepreßt und haftet daran fest. Wenn sie nun eine rückläufige Bewegung machen will, kommt eine Spannung zustande, infolge deren sie sich endlich losreißt, wobei sie dann stets mit einer gewissen Gewalt zurückschnellt. Diese Variationsbewegungen lassen sich kaum anders erklären, als durch Schwankungen des Turgors, durch welche wohl eine Ausdehnung der betreffenden Gewebe erfolgt, die aber nicht zum Wachstum führt, sondern wieder verschwindet.

Das Winden der Schlingpflanzen.

Eine Folge der eben besprochenen rotierenden oder revolutiven Nutation (Circumnutation) ist das Winden verschiedener Pflanzen, d. i. die Fähigkeit, um irgend welche als Stützen sich darbietende dünne Körper schraubenförmig emporzuwachsen. Die Pflanzen, welche diese Fähigkeit besitzen, nennen wir Schlingpflanzen.

---

*) Diese Nutationen sollen die Staubgefäße oder in anderen Fällen den Griffel in eine solche Stellung bringen, daß die Übertragung des Blütenstaubes aus einer Blüte in die andere vermittelst der Insekten ermöglicht werde.

Das Winden der Pflanzen kann nach rechts oder links erfolgen (Figur 127). Letzteres ist häufiger zu beobachten, als das erstere. Hopfen (Humulus lupulus) und Geisblatt (Lonicera caprifolium) winden rechts, Pfeifenstrauch (Aristolochia sipho), Zaunwinde (Convolvulus sepium) und Feuerbohne (Phaseolus multiflorus) dagegen links*). Gewöhnlich ist die Richtung, in welcher das Winden erfolgt, bei ein und derselben Spezies konstant, doch kommen auch hiervon Ausnahmen vor. So winden von dem



Figur 127. a Zaunwinde (Convolvulus sepium) links windend, b Hopfen (Humulus lupulus) rechts windend.

Bittersüßnachtschatten (Solanum dulcamara), ferner von der orangegelben Brennwinde (Loasa aurantiaca) verschiedene Individuen nach entgegengesetzten Richtungen. Ja Darwin fand, daß bei der letztgenannten Pflanze und zwei anderen, ebenfalls exotischen Gewächsen, Scyphanthus elegans und Hibbertia dentata, ein und derselbe Stengel zuweilen erst nach der einen und dann nach der anderen Richtung winde.

Die ersten Glieder eines windenden Stengels, mögen sie nun aus dem Samen als Keim oder aus einem Rhizom u. dergl. hervorgehen, nutieren

*) Rechtswindung ist dann vorhanden, wenn die Stütze der windenden Pflanze stets zur rechten Seite bleibt, die windende Bewegung in der Richtung des Zeigers einer Uhr erfolgt. Bei der Linkswindung findet sich die Stütze immer auf der linken Seite.

noch nicht, sie wachsen vielmehr gerade aufrecht. Die revolutive Nutation wird vielmehr erst vom dritten Gliede an bemerklich.

„Der Zweck der beständig biegenden, nacheinander allen Punkten des Kompasses zugerichteten revolutiven Bewegung besteht beim Winden darin, dem Schößling das Finden einer Stütze zu erleichtern. Dies wird wunderbar gut durch die Tag und Nacht fortgesetzten Umläufe bewirkt, wobei ein immer weiterer und weiterer Kreis durchschwungen wird, wie der Schößling an Länge zunimmt. Diese Bewegung erklärt in gleicher Weise, wie die Pflanzen winden; denn wenn ein umschwingender Schößling auf eine Stütze trifft, so wird seine Bewegung notwendig an dem Berührungspunkte aufgehalten. Der freie, vorspringende Teil schwingt aber weiter. In dem Maße, wie dies fortdauert, werden immer höher und höher gelegene Teile mit der Unterlage in Berührung gebracht und festgehalten, und so fort bis zur Spitze hin; und in dieser Weise windet sich der Schößling um die Unterstützung." (Darwin, „Kletterpflanzen".)

Das dritte oder vierte Glied hinter der schwingenden Spitze eines windenden Sprosses nimmt nicht mehr an der Circumnutation teil; es tritt nun eine andere Bewegungsform ein, die Torsion, bis endlich das Wachstum in dem betreffenden Stengelgliede ganz erlischt. Beide Bewegungen haben an ein und derselben Pflanze stets ein und dieselbe Richtung.

In der Regel sind die jüngsten Windungen eines um eine Stütze geschlungenen Stengels weit und niedrig, die älteren aber eng und steil. Es erfolgt also erst nachträglich ein festeres Anschmiegen.

Die Blätter, welche am windenden Stengel erscheinen, stehen bald auf der Außen- bald auf der Innenseite. Ist letzteres der Fall, so wird der Blattstiel an die Stütze angedrückt und gleitet unter dem Drucke des sich verengernden Stengelgliedes allmählich seitwärts, wobei er, dasselbe mit sich ziehend, zugleich noch eine örtliche Drehung bedingt.

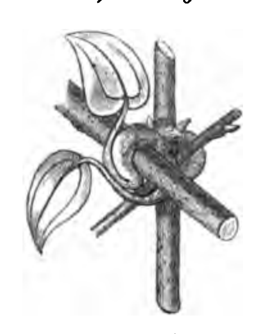
Was endlich die Stütze anlangt, die einer Schlingpflanze dargeboten wird, so ist ihre Dicke nicht ganz gleichgiltig. In der Regel darf sie nicht dicker sein, als die Weite der Windungen beträgt, die ein Sproß der betreffenden Pflanze auch ohne Stütze zu machen imstande ist. Zu dicke Stützen werden einfach nicht umwunden.

Der Vorteil, den das Winden den Pflanzen bringt, liegt darin, daß sie sich, obwohl ihr Stengel zu schwach ist, die ganze Last ihrer Körpermasse zu tragen, durch dasselbe vom Boden zu erheben und ihre Blätter dem Lichte entgegenzutragen vermögen, was ihnen an dicht bewachsenen Stellen sicher ein Übergewicht über die Pflanzen giebt, welche dies nicht vermögen.

Das Klettern der Pflanzen.

Das, was eine Anzahl Gewächse durchs Winden erreicht, sich nämlich an aufrechten Gegenständen zu befestigen und emporzuheben, erreicht eine andere Gruppe mit Hülfe reizbarer oder empfindlicher Organe. Wir wollen die letzeren Kletterpflanzen nennen und sie der Übersichtlichkeit wegen in Blattkletterer und Rankenkletterer teilen, wenn auch diese beiden Unterabteilungen mehrfach ineinander übergehen.

Zu den **Blattkletterern** gehören die meisten Arten von der Waldrebe (Clematis) und Kapuzinerkresse (Tropaeolum). Die jungen Stengelglieder der betreffenden Pflanzen befinden sich gewöhnlich auch in rotierender Nutation (Circumnutation). Dieselbe hat aber den Zweck, die Blattstiele der Blätter mit umliegenden dünneren Gegenständen, die als Stütze dienen könnten, in Berührung zu bringen. Ist dies der Fall und berührt der noch junge Stiel eines Blättchens dieser Pflanzen irgend eine dünne Stütze, so wirkt dieser einseitige, oft äußerst geringe Druck als Wachstumsreiz, aber so, daß die berührte Seite im Wachstum etwas zurückbleibt, die entgegengesetzte dagegen schneller darin fortschreitet und auf diese Weise eine Krümmung des Blattstieles um die Stütze bewirkt (Figur 128), die mehrere Umläufe ausmachen kann. Gewöhnlich werden die Stiele, die eine Stütze erfaßt haben, im Verhältnis zu denen, welchen dies nicht gelang, bedeutend dicker.



Figur 128. Die drüsige Waldrebe (Clematis glandulosa). Mit zwei jungen, zwei Zweige umfassenden Blättern, die umfassenden Stellen verdickt (n. Darwin).

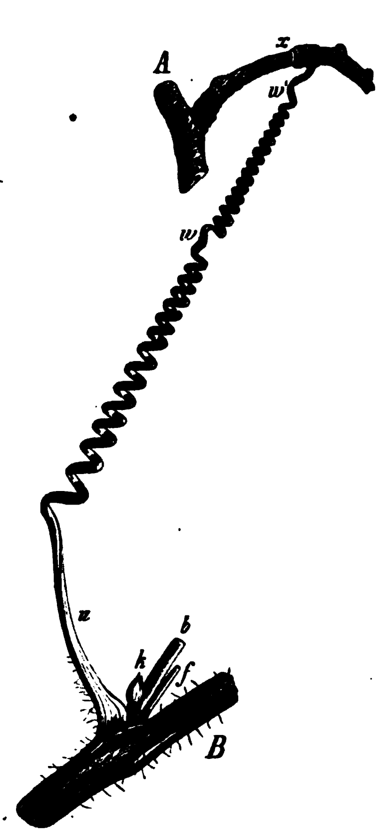
Während bei den erwähnten Arten der Blattstiel reizbar ist und als Kletterorgan dient, ist beim Erdrauch (Fumaria officinalis) und dem kletternden Lerchensporn (Corydalis claviculata) das ganze feinzerteilte Blatt reizbar und befähigt, seine einzelnen Teile um dünne Gegenstände zu legen und sich dadurch festzuhalten. Bei einigen kletternden Monokotyledonen hingegen liegt die Reizbarkeit in den verlängerten Mittelrippen bez. in den Spitzen ihrer Blätter. Bei Plants Prachtlilie (Gloriosa Plantii) z. B. bildet das Blattende einen schmalen, bandartigen, verdickten Vorsprung, der zuerst gerade ist, sich aber, sobald das anfangs nahezu senkrecht stehende junge Blatt eine geneigte Stellung annimmt, abwärts und zu einem starken und steifen Haken umbiegt, der einen Gegenstand zu ergreifen und die Pflanze daran zu befestigen wohl imstande ist. In ganz ähnlicher Weise klettert auch der in Ostindien heimische Peitschenstrauch (Flagellaria indica). Während die Empfindlichkeit der Blattstiele und Blätter erstgenannter Pflanzen auf allen Seiten vorhanden ist, zeigen die Blattspitzen der letzterwähnten Monokotyledonen die Empfindlichkeit nur auf ihrer Unterseite.

Zu den **Rankenkletterern** gehören viele Bignoniaceen, Schmetterlingsblütler (Leguminosae), Korbblütler (Compositae), Erdrauchgewächse (Fumariaceae) u. a. Dieselben entwickeln besondere fadenartig verlängerte Organe, welche gegen Berührung ebenfalls höchst empfindlich sind und ausschließlich zum Klettern benutzt werden. Man nennt dergl. Organe **Ranken**. Dieselben entstehen durch Umbildung von Zweigen, von Blättern mit ihren Blattstielen, ja vielleicht auch von Nebenblättern. Am vollkommensten erscheinen diese Ranken bei den Kürbisgewächsen (Cucurbitaceae), Rebengewächsen (Ampelideae) und Passionsblumengewächsen (Passifloreae).

Die Reizbarkeit dieser Ranken ist ebenfalls eine sehr große. Mit festen Stützen, als dünnen Pflanzenstengeln oder den Zweigen eines Strauchs, werden sie in der Regel ebenfalls durch rotierende Nutation in Berührung gebracht, und zwar zeigt diese Bewegung der Sproßgipfel oder die Ranke selbst. Ist die Berührung, die ganz leicht sein kann, erfolgt, so krümmt

sich die Ranke an der betreffenden Stelle konkav gegen die berührte Seite. War die Berührung nur vorübergehend, streckt sich die Ranke wieder gerade. Die gestreckte Ranke ist dann von neuem gegen Reize empfänglich.

Der Grad der Reizbarkeit ist sehr verschieden. Bei der Passionsblume ruft schon der Druck eines Milligramms binnen 25 Sek. Krümmung hervor, bei andern sind 3—4 Milligramm nötig, um das Gleiche in einem längern Zeitraume zu bewirken. Gestreckte Ranken sind auf allen Seiten reizbar, solche mit eingekrümmtem Gipfel nur auf der Unterseite.



Figur 129. Eine angeheftete Ranke der Zaunrübe (Bryonia dioica), in entgegengesetzten Richtungen spiralig zusammengezogen. B Stammstück, aus dem neben dem Blattstiele b und der Knospe k die Ranke entspringt, die sich bei x um den Zweig A windet; u steifer, w und w' gewundener Teil der Ranke.

Die erwähnten charakteristischen Eigenschaften treten an den Ranken hervor, wenn sie etwa ³/₄ ihrer Größe erreicht haben, verschwinden aber wieder, wenn sie vollständig ausgewachsen sind. Sind die Ranken nicht zum Erfassen eines Gegenstandes gekommen, so bleiben sie steif und werden später abgestoßen, wie die des Weinstockes (Vitis), der Zaunrebe (Ampelopsis), oder sie rollen sich korkzieherartig zusammen, um zu verfilzen und zu vertrocknen. Haben sie dagegen eine Stütze erfaßt, so legen sie sich, indem die schon erwähnte Krümmung erfolgt, um dieselbe. Da dadurch fortwährend neue reizbare Stellen mit der Stütze in Berührung kommen, schlingt sich das freie Rankenende in immer neuen Windungen um dieselbe herum. Diese Windungen sind natürlich um so zahlreicher, je näher die zuerst berührte Stelle der Basis der Ranke lag. Dem Rankenteile, der zwischen der Basis und dem Befestigungspunkte an der Stütze gelegen ist, wird natürlich eine Umwindung der Stütze unmöglich, aber auch an ihm tritt eine Form der Einkrümmung auf; er zieht sich, wie viele unbenutzte Ranken, ebenfalls korkzieherförmig zusammen. Siehe Figur 129. Während aber die unbenutzten, ohne einen vorhergegangenen Reiz eingerollten, ihre Schraubenwindungen alle nach einer Richtung haben, zeigen die Schraubenwindungen der an einer Stütze befestigten Ranken Wendepunkte, an denen sich die Windungsrichtung ändert. (Figur 129 w und w',). Es ist dies eine Erscheinung, die jeder Körper, der sich einzurollen sucht, aber an den beiden entgegengesetzten Enden befestigt ist, wahrnehmen läßt. Die entgegengesetzten Windungen, die allemal bemerklich werden, sollen die mit den Windungen notwendig verbundene Torsion ausgleichen.

Auch die Ranken, die ihre Stütze umklammert haben, wachsen nachträglich noch in die Dicke und verholzen zuweilen auch.

Ganz merkwürdig verhalten sich diejenigen Ranken der Zaunrebe, die nicht in den Fall kommen, eine Stütze zu umwickeln, sobald sie infolge des negativen Heliotropismus der Sprosse an eine Wand gedrückt werden. Es entstehen dann am Ende der Rankenzweige, die sich hierbei nicht einkrümmen, kleine Haftscheiben, welche mit der Wand verwachsen und dadurch die Pflanze ebenfalls festhalten.

Zum Schluß mögen noch zwei Gruppen von Kletterpflanzen Erwähnung finden, welche der Reizbarkeit entbehren. Es sind dies die Haken- und die Wurzelkletterer. Zu den erstern gehört das bei uns überall gemeine Klebkraut (Galium Aparine), das mittelst der an Stengeln und Blättern befindlichen zahlreichen rückwärts gestellten steifen Haare überall anhaftet, ferner die australische Brombeere (Rubus australis) und die kletternden Rosen, welche sich an ihren rückwärts gestellten Stacheln festhalten. Kletternde Rosen wachsen mit Leichtigkeit an der Wand eines hohen Hauses hinauf, sobald dieselbe nur mit einem Lattenwerk bekleidet ist.

Einer der merkwürdigsten Wurzelkletterer ist (nach Darwin, Kletterpflanzen) die Marcgravia umbellata, deren Stamm in den tropischen Wäldern Süd-Amerikas, in einer eigentümlich abgeplatteten Form an den Baumstämmen emporwächst, indem er hier und da Greiforgane (Wurzeln) ausschickt, welche sich am Stamme anheften und, wenn derselbe schlank ist, ihn vollständig umfassen. Sobald diese Pflanze bis zum Lichte emporgeklettert ist, erzeugt sie freie Zweige mit abgerundeten Stengeln, mit scharf zugespitzten Blättern bekleidet, welche in ihrer Erscheinung von denen wunderbar verschieden sind, welche der Stamm trägt, solange er anhängt. Mittelst ihrer Nebenwurzeln klettern ferner der Epheu (Hedera helix), verschiedene Feigenbaum-Arten (Ficus repens, F. barbata, F. stipulata), die prachtvolle, als Zierstrauch gern kultivierte Bignoniacee Tecoma radicans, die aromatische Vanille (Vanilla aromatica).

Das Festhalten scheint entweder durch Umkrümmung der anfangs weichen zarten Wurzeln oder auch (wie bei Ficus) durch die seitens der betreffenden Wurzeln erfolgte Ausscheidung einer klebrigen Masse zu erfolgen.

Torsion.

An vielen pflanzlichen Gebilden, die nur einigermaßen beträchtlich in die Länge ausgedehnt sind, beobachten wir Drehungen um die eigene Achse. Die Seitenlinien laufen an denselben dann nicht mehr parallel, sondern umwinden sie in engeren oder weiteren Spiralen. Die betreffenden Gebilde machen den Eindruck, als ob sie unten festgehalten und oben erfaßt und um die eigene Achse gedreht worden wären. Dergleichen Drehungen nennt man Torsionen. Häufig bemerkt man sie an den gestreckten Stengelgliedern der Dikotyledonen, ganz allgemein aber an windenden Stengeln; ferner finden sie sich an den Fruchtstielen der Moose, ja selbst an flachen Blättern, wie an vielen Gräsern, den Blättern des Bärenlauch u. s. w. Die betreffenden Blätter haben dann gewöhnlich die Unterseite der Blattfläche nach oben gewendet.

Die Ursachen solcher Torsionen sind teils innere, teils äußere. Da die Seitenlinien die Achse schraubig umwinden, so müssen sie länger als diese sein. Ist ein stärkeres Längenwachstum Ursache der Torsion, so muß dieses also in den äußeren Schichten liegen oder in diesen länger andauern, als in den inneren. Da nun aber zur Zeit des größten Wachstumes irgend eines Pflanzenteiles die inneren Schichten, die keine Torsion zustande bringen können, die schneller wachsenden sind, die Torsion überhaupt auch nur erst gegen das Ende des Längenwachstumes hin zur Wahrnehmung gelangt, so kann sie kaum eine andere Ursache haben, als das länger andauernde Wachstum in den peripherischen Schichten, nachdem das Wachstum der inneren im Erlöschen begriffen oder bereits erloschen ist. Freilich darf das Wachstum der inneren Schichten kein genau regelmäßiges sein, weil es dann zwischen äußeren oder inneren Schichten nur zu einer Spannung, jedoch zu keiner Torsion kommen würde. Sehr leicht wird aber eine kleine Unregelmäßigkeit im Wachstum den äußeren Schichten eine seitliche Richtung geben, die dann vollends zur Torsion führt.

Die Torsionen, die infolge des Dickenwachstumes an älteren Stämmen von Dikotylen und Koniferen erscheinen, mögen wohl auf dem kräftigen, wenn auch verhältnismäßig geringen Längenwachstume der jungen Holzzellen beruhen.

Zu den äußeren Ursachen der Torsionen gehören die seitlichen Anhangsgebilde, wie Blätter, Zweige u. s. w. Dergleichen Organe können, wenn sie schief, aufrecht oder auch horizontal wachsen, durch ihre eigene Last ihren Träger um seine Achse drehen und damit eine Torsion hervorrufen. An horizontal wachsenden Zweigen mit kreuzweise einander gegenüberstehenden Blättern sind gewöhnlich die Stengelglieder in der Weise tordiert, daß die Blätter anstatt in vier, nur in zwei Reihen den Zweig entlang zu stehen scheinen. Daß hier wirklich die Blätter Ursache der Torsion sind, erhellt daraus, daß der Zweig nach Entfernung der jungen Blätter sich nicht mehr dreht. Beseitigt man von dem jeweiligen Blattpaare nur ein Blatt, so wird die Drehung natürlich von diesem allein beeinflußt.

Die Schlafbewegungen der Pflanzen (Nyctitropismus).

Von den allein durch äußere Einflüsse bedingten (Receptions-) Bewegungen seien zuerst die Schlafbewegungen der Blätter erwähnt. Man hat dieselben schon längst beobachtet, und bereits Linné veröffentlichte eine Abhandlung (Somnus plantarum) darüber.*)

Diese Bewegungen finden sich an den Kronenblättern ebensowohl, wie an den Laubblättern, ja selbst an den Keimblättern.

Beschäftigen wir uns zunächst mit den Schlafbewegungen der Laubblätter. Hier zeigt sich eine große Mannigfaltigkeit. Während diese Blätter am Tage in der Regel vollständig entfaltet sind, schlagen sie sich des Nachts in der verschiedensten Weise zusammen und zwar bald aufwärts, bald abwärts, bald seitwärts nach vorn und oben, bald nach hinten. Dabei wendet

*) Schlafbewegungen irgend welcher Art zeigen eine große Anzahl von Pflanzen, aber durchaus nicht alle ohne Ausnahme.

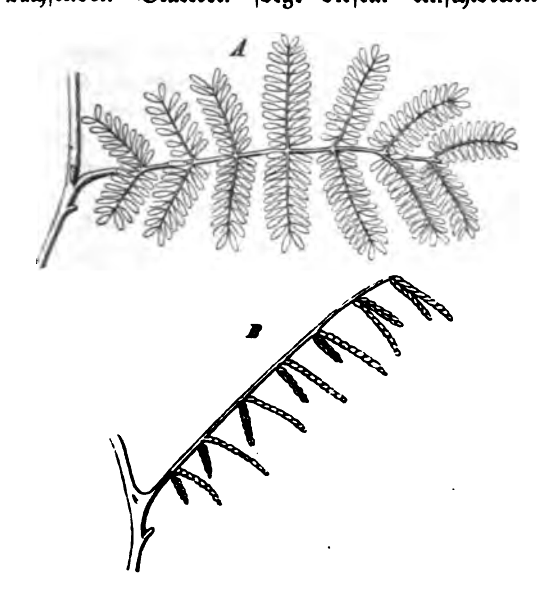
sich der gemeinschaftliche Blattstiel bald niederwärts, bald richtet er sich auf. Sobald verschiedene Teile eines und desselben Blattes beweglich sind, können auch die Bewegungsrichtungen dieser Teile verschieden sein. Während sich von der Sinnpflanze die Blattstiele 1. Ordnung abwärts schlagen, richten sich die Blattstiele 2. Ordnung seitwärts nach vorn, die Teilblättchen nach oben. Der Blattstiel der Bohne richtet sich abends aufwärts, die Teilblättchen dagegen schlagen sich abwärts. Mit sehr vielen dieser Bewegungen finden auch zugleich Drehungen statt. Ferner kommt selbst der Fall vor, daß sich die Blätter an verschiedenen Zweigen desselben Baumes verschieden bewegen. So bewegen sich in einzelnen Fällen die, welche an den aufrechten Zweigen entspringen, in anderer Weise als diejenigen, welche an horizontalen oder stark geneigten Zweigen stehen. Doch folgen wir in der spezielleren Schilderung einiger dieser Bewegungen Darwin. „So biegen sich bei Cassia (eine Strauchgattung, die dem nordöstlichen und mittlern Afrika entstammt und die abführenden Sennesblätter liefert) die Blättchen, welche während des Tages horizontal sind, nicht nur des Nachts senkrecht abwärts und das endständige Paar ist beträchtlich rückwärts gerichtet, sondern sie drehen sich auch um ihre eigenen Achsen, so daß ihre unteren Flächen nach außen gewendet werden. Das endständige Blättchen vom Honigklee (Melilotus) dreht sich ebenfalls, wodurch eine seiner Seitenwände aufwärts gerichtet wird, und in derselben Zeit bewegt es sich entweder nach rechts oder nach links, bis seine obere Fläche in Berührung mit der des seitlichen Blättchens auf derselben Seite kommt, welches sich gleichfalls um seine eigne Achse gedreht hat. Bei der Erdnuß (Arachis) bilden alle vier Blättchen während der Nacht ein einziges senkrechtes Päckchen, und um dies zu bewirken, müssen sich die zwei vordern Blättchen aufwärts und die zwei hintern vorwärts bewegen, außerdem, daß sich alle um ihre eignen Achsen drehen.“

In der Gattung Sammtpappel (Sida) bewegen sich die Blätter einiger Arten des Nachts durch einen Winkel von 90 Grad aufwärts und die anderen Arten durch denselben Winkel abwärts. Ferner bewegen sich bei der Wolfsbohne (Lupinus) die Blättchen entweder aufwärts oder abwärts; und in einigen Arten z. B. L. luteus bewegen sich diejenigen auf der einen Seite des sternförmigen Blattes aufwärts und diejenigen auf der entgegengesetzten Seite abwärts; die dazwischenliegenden drehen sich um ihre Achsen; und durch diese verschiedenartigen Bewegungen bildet das Blatt nachts einen senkrechten Stern, anstatt wie während des Tages einen horizontalen zu bilden. Einige Blätter werden, außer daß sie sich entweder aufwärts oder abwärts bewegen, des Nachts mehr oder weniger gefaltet, wie bei der Bauhinie und einigen Arten Sauerklee (Oxalis).

Bei vielen Pflanzen wird die ganze Erscheinung infolge dieser Bewegungen wunderbar verändert. Ziemlich deutlich zeigt dies der Sauerklee (Oxalis), noch deutlicher aber die Sinnpflanze (Mimosa). Ein Busch von der farnesischen Akazie (Acacia Farnesiana) sieht des Nachts aus, als wäre er mit kleinen, hängenden Stückchen Fäden bedeckt, anstatt mit Blättern (Figur 130). Im Ganzen lernte Darwin 37 Pflanzengattungen kennen, in welchen die Blätter oder Blättchen sich des Nachts erheben und 32, in welchen sie sinken.

Die erwähnten Schlafbewegungen, die schon beim ersten echten Blatte,

so unähnlich dasselbe auch den später erscheinenden noch sein mag, auftreten, werden durch das periodische Anschwellen (Turgescieren) verschiedener Zellparteien hervorgerufen. In dem einen Falle und zwar bei jüngern noch wachsenden Blättern folgt diesem Anschwellen ein Wachstum auf den verschiedenen Seiten des sich bewegenden Blattes; in dem andern ist das nicht der Fall; hier finden sich vielmehr sogenannte Gelenkpolster, d. h. mehr oder weniger verdickte Stellen am Grunde des gemeinschaftlichen Blattstiels bez. der Blattstiele höherer Ordnung, sowie der Teilblättchen. Dieselben bestehen in einem saftreichen Parenchym, das in der Richtung der Achse von einem inneren geschmeidig und biegsam bleibenden Gefäßbündel durchzogen wird. Hier tritt Turgescenz abwechselnd auf beinahe entgegengesetzten Seiten ein, ohne daß derselben, außer im frühen Lebensalter, ein Wachstum folgt. Die Turgescenz auf der Oberseite bringt Senkung, Turgescenz auf der Unterseite Hebung des Blattes hervor. Bei den mit Polstern versehenen Blättern dauern die Schlafbewegungen eine weit längere Zeit hindurch an, als wenn solche fehlen. Im letztern Falle werden sie sehr bald nach und nach schwächer und hören schließlich ganz auf.



Figur 130. Farnesische Akazie (Acacia Farnesiana): A Blatt während des Tages, B dasselbe Blatt während der Nacht.

Nicht bloß die Laubblätter, auch die Kotyledonen verschiedener Pflanzen senken sich entweder oder heben sich während der Nacht. Merkwürdig ist nur, daß zwischen den Schlafbewegungen der Kotyledonen und Laubblätter gar kein Zusammenhang zu bestehen scheint. Zunächst schlafen die Blätter vieler Pflanzen, während die Kotyledonen nicht schlafen, z. B. beim Wandelklee (Desmodium gyrans), weißen Gänsefuß (Chenopodium album), Darwins Sammtmalve (Abutilon Darwinii), mehreren Arten von Tabak, (Nicotiana); oder es ist das Umgekehrte der Fall: die Kotyledonen schlafen, die Blätter aber nicht (die Arten von Runkelrübe [Beta], Kohl [Brassica], Sellerie [Apium], Nachtschatten [Solanum], Wunderblume [Mirabilis]). Ferner schlafen in einigen Gattungen die Blätter mehrerer oder sämtlicher Arten (Klee [Trifolium], Schotenklee [Lotus], Baumwolle [Gossypium]), während es die Kotyledonen nur von einigen Arten thun. Endlich können aber auch die Schlafbewegungen beider ganz verschieden sein. Bei der Cassia erheben sich die Kotyledonen nach oben, während die Blätter abwärts sinken und sich nur so drehen, daß die untern Flächen nach oben kommen.

Die Bewegungen werden auch hier mittelst vorhandener Gelenkpolster oder ohne dieselben durch den Wachstumsprozeß vermittelt. Auch hier dauern sie bei den mit Polstern versehenen Kotyledonen länger an, als bei solchen ohne Polster.

Direkt scheinen diese Bewegungen durch das Licht veranlaßt zu werden. Bei einzelnen Pflanzen der Tropen ist die Lichtempfindlichkeit ganz außerordentlich stark; sie fangen schon an, die Blätter zusammenzulegen, wenn am Tage nur einmal Wolken den Himmel bedecken. Vielleicht dient aber das Licht den Pflanzen nur als ein Merkzeichen für die Ab- und Zunahme der Wärme, die in der Regel gleichzeitig mit der gegen Abend und gegen Morgen wahrzunehmenden Licht-Ab- und Zunahme eintritt.

Auf jeden Fall haben die nyktitropischen Bewegungen den Zweck, die betreffenden Pflanzen vor einer zu großen, ihr Leben bedrohenden nächtlichen Wärmeausstrahlung zu schützen. Darauf weisen offenbar das Zusammenfalten oder dichtere Aneinanderlegen der Blätter, die senkrecht aufwärts oder senkrecht abwärts gerichtete Stellung derselben u. s. w. hin. Um dies genauer zu erörtern, machte Darwin mit Keimlingen und erwachsenen Pflanzen, die Schlafbewegung anzeigen, eine Anzahl Versuche, indem er dieselben in kalten Nächten durch künstliche Befestigungen hinderte, ihre Bewegungen vorzunehmen, die Blätter zusammenzulegen, zu falten und dergl. Er fand dann stets, daß dergleichen Pflanzen von der Nachtkälte mehr oder weniger gelitten hatten, während an den danebenstehenden Kontrolpflanzen auch nicht die geringste Schädigung wahrzunehmen war.

Da unter dem wolkenlosen Tropenhimmel die nächtliche Wärmestrahlung eine ungleich bedeutendere ist, als bei uns, so ist es erklärlich, daß sich unter den Tropen an den Pflanzen die ausgebildetsten Schlafbewegungen finden.

Die Blätter einiger Pflanzen nehmen eine der Nachtstellung ähnliche Blattstellung während des Tages ein und richten, sobald sie von der Sonne scharf beleuchtet werden, ihre Ränder nach ihr hin. Derartige Fälle bezeichnet man gewöhnlich als Tagesschlaf.

Ferner halten sich die Blättchen einer Form von Porliera hygrometrica den Tag über geschlossen, sobald der Pflanze Wasser nur spärlich zu Gebote steht. Auch einige Gramineen falten ihre Blätter einwärts, sobald dieselben der Sonne und einer trocknen Atmosphäre ausgesetzt sind.

Schlafbewegungen zeigen aber auch die Kronenblätter vieler Blüten. Hier bestehen die Bewegungen darin, daß sich die Blätter bez. Blattzipfel der Blumenkronen, oder bei den Korbblüten die randständigen Einzelblütchen des Köpfchens zu gewissen Tageszeiten nach außen, zu andern wieder nach innen krümmen, also voneinander entfernen und einander wieder nähern. Bedingt werden dergleichen Bewegungen durch ein schnelleres Wachstum, das am Tage bei Steigerung der Temperatur oder Lichtstärke oder beider zugleich auf der Innen- bez. Oberseite eintritt, während bei Abnahme von Wärme und Lichtstärke die Unter- bez. Außenseite schneller wächst. Im ersten Falle muß natürlich eine Öffnungsbewegung, im zweiten eine Schließbewegung der Kronenblätter eintreten.

Bei dem Safran (Crocus) und der Tulpe folgt auf jede Temperaturerhöhung alsbald eine Öffnungs-, auf jede Temperaturerniedrigung sehr bald eine Schließbewegung.

Höchst empfindlich für Temperaturschwankungen sind die Blüten des Adonisröschen (Adonis vernalis) und der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale). Eine mindere Empfindlichkeit zeigen die Feigwurz (Ficaria ranunculoides) und das Buschwindröschen (Anemone nemorosa). Noch andere bedürfen nach jeder Bewegung einer längern Ruhe. Die beweglichen Blüten der Korbblütler (Compositae) können des Abends, wenn sie sich geschlossen haben, nicht wieder zum Öffnen gebracht werden, während am Morgen dies eine Erwärmung selbst im Finstern bewirkt. Den besondern Einfluß des Lichts betreffend, so vermag eine plötzliche Lichtentziehung geöffnete Blüten zum Schließen zu bringen. Leicht läßt sich dies an der Gartenringelblume (Calendula officinalis), dem spießblättrigen Löwenzahn (Leontodon hastilis) der ringelblumenartigen Venidie (Venidium calendulaceum) beobachten, und zwar tritt diese Erscheinung um so deutlicher hervor, je länger die betreffenden Pflanzen vorher der Einwirkung des Lichts ausgesetzt gewesen waren.

Für Temperaturschwankungen einerseits und Lichtschwankungen andererseits scheinen viele Blüten in verschiedenem Grade empfindlich zu sein, und zwar erscheint der Einfluß des Lichtes stärker, als der der Temperatur.

Bei der Kettenblume (Taraxacum), dem Löwenzahn (Leontodon), der Seerose (Nymphaea) läßt sich das Schließen am Abend auch durch Temperaturerhöhung, das Öffnen am Morgen durch Temperaturerniedrigung nicht hindern. Es würde eine Öffnung des Abends infolge von Erwärmung nur dann möglich werden, wenn man die betreffende Pflanze vorher den ganzen Tag über im finstern Raume aufbewahrt hätte.

Dies erklärt uns, warum viele Blüten im Freien eine strenge Tagesperiode einhalten, andere dagegen sich infolge plötzlichen Witterungswechsels zu jeder beliebigen Tageszeit öffnen oder schließen.

Auf die Beobachtung hin, daß eine größere Anzahl Pflanzen sich mehr oder minder streng an eine gewisse Tagestemperatur halten und ihre Blüten infolgedessen zu gewissen Tagesstunden öffnen oder schließen, hat Linné eine sogenannte Blumenuhr gegründet. Um eine solche herzustellen, könnte man (nach Leunis, Synopsis) etwa folgende Pflanzen benutzen:

Zeit der Öffnung.		Zeit des Blütenschlusses.
Morgens zwischen 5–6 Uhr	Zaunwinde (Convolvulus sepium)	Nachm. zwischen 7 u. 8 Uhr
„ „ 5–6 „	dreifarbige Winde (Convolvulus tricolor)	„ „ 7 u. 8 „
„ „ 5–6 „	Gänsedistel (Sonchus oleraceus)	„ „ 7 u. 8 „
„ „ 5–6 „	gelbe Taglilie (Hemerocallis fulva)	„ „ 7 u. 8 „
„ „ 6–7 „	gelbe Teichrose (Nuphar luteum)	„ gegen 5 „
„ gegen 7 „	Garten-Ringelblume (Calendula officinalis)	„ zwischen 5–6 „
„ „ 8 „	Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis)	„ gegen 4 „
„ „ 9 „	Feld-Ringelblume (Calendula arvensis)	„ gegen 5 „
„ „ 10 „	Eiskraut (Mesembryanthemum crystallinum)	„ zwischen 3–4 „
„ „ 11 „	Doldentraubiger Milchstern (Ornithogalum umbellatum)	„ gegen 6 „
Um Mittag	die meisten Arten von Mesembryanthemum*)	

*) verdeutscht: Mittagsblume, weil die zuerst entdeckten Arten sich nur im Sonnenscheine mittags entfalten.

Nachmittags um 2 „ die nachmittägige Zaunlilie (Anthericum pomeridianum)
„ „ 4 „ die gemeine und langblütige Wunderblume (Mirabilis Jalapa und M. longiflora)
„ „ 6 „ der trauernde Kranichschnabel (Pelargonium triste)
„ „ 7 „ der sogen. Kalbsbraten*) (Cestrum nocturnum)
„ zwischen 7 u. 8 „ die Königin der Nacht (Cereus grandiflorus) und die wohlriechende Nachtkerze (Oenothera suaveolens)
„ um 10 „ die nachtblühende Klebnelke (Silene noctiflora) und die Abend-Lichtnelke (Lychnis vespertina).

Der Hauptzweck, welchen die Schlafbewegungen der Kronenblätter haben, scheint darin zu bestehen, daß sie die Fortpflanzungsorgane gegen Kälte, Wind und während des Tages besonders gegen den Regen schützen; doch scheint letzteres gar nicht selten auch durch Überneigen des Blütenstiels bewirkt zu werden. Jedenfalls halten sie auch nächtliche Insekten fern, die zur Befruchtung nichts beizutragen vermögen, ebenso wie sie auch den nützlichen den Zugang solange versperren, als die Temperatur ungünstig ist.

Heliotropismus.

Eine weitere Reihe von Bewegungserscheinungen, die unter dem Einflusse des Lichtes vor sich gehen, bezeichnet man als heliotropische. Dieselben werden aber weniger durch Veränderungen in der Intensität des Lichtes hervorgerufen, als vielmehr durch die Richtung desselben.

Im allgemeinen faßt man unter Heliotropismus (Sonnensüchtigkeit oder Lichthunger) alle die Erscheinungen zusammen, in welchen Pflanzenteile, die weniger intensiv vom Lichte getroffen werden, sich nach der Seite hin krümmen, von welcher das stärkste Licht kommt. Man betrachte nur die in unsern Wohnzimmern kultivierten Pflanzen. Sie werden, sobald sie längere Zeit eine bestimmte Stelle unverrückt einnehmen, alle ihre Triebe dem Lichte zugewendet zeigen.

Heliotropisch sind zunächst die meisten Pflanzenstengel. Wenn man auch an vielen, auf sonnigen Standorten vorkommenden Pflanzen mit steifen Stengeln keine Spur davon bemerkt, so macht sich diese Erscheinung doch sofort geltend, sobald dieselben absichtlich bei schwachem Lichte kultiviert werden. Die in diesem Falle weit längeren und weicheren Stengel wenden sich bei einseitiger Beleuchtung sofort dem Lichte zu, wie wir an der gemeinen Schafgarbe (Achillea millefolium), der wilden Cichorie (Cichorium intybus) u. a. m. leicht beobachten. An der Grenze zwischen lichthungerigen und gegen Licht unempfindlichen (aneliotropischen) Pflanzen stehen die Karden- (Dipsacus) und Equisetenstöcke, welche nur durch Vergeilung zu schwachem Heliotropismus genötigt werden können. Die immer steif aufrechten Stöcke der Königskerze (Verbascum thapsus und phlomoides) sind auch im üppigsten Wachstume aneliotrop.

Weit schwerer als an den Stengeln läßt sich der Heliotropismus an den Blättern wahrnehmen. Das Wenden derselben nach dem Lichte hin kommt nur selten zum deutlichen Ausdruck, da dieselben noch verschiedenen andern, vom Lichte bedingten Bewegungen folgen, die weit mehr in die Augen fallen. Trotzdem wird es aber doch zuweilen recht gut bemerklich. Mitten

*) Wegen seines eigentümlichen Geruchs.

im Walde wachsende Stöcke von der nessel- und pfirsichblätterigen Glockenblume (Campanula trachelium und persicifolia) wenden ihre nahezu horizontal gestellten Blätter gleichmäßig nach allen Richtungen der Windrose; steht ein solcher Stock aber am Waldrande, wo er nur einseitig beleuchtet wird, so wenden sich alle Blätter ausnahmslos nach der Lichtseite hin.

Auch Blüten wenden sich dem Lichte zu; doch sind es selten Teile der Blüte selbst, welche die heliotropische Bewegung ausführen, sondern es ist vielmehr der die Blüte tragende Stiel. Ein heliotropisches Verhalten der Blütenteile selbst beobachtete Prof. Wiesner am Perigon der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale), an der Blumenkrone des Waldwachtelweizen (Melampyrum nemorosum), an den Staubfäden des mittlern Wegerich (Plantago media), an dem Fruchtknoten vom rosenroten Weidenröschen (Epilobium roseum). „Blütenbewegungen mittelst des Blütenstieles kommen ungemein häufig vor. Es sind hier zwei Fälle zu unterscheiden. Die Blüte nimmt entweder zur Lichtquelle eine fixe Lage an, oder sie bewegt sich mit der Sonne. Die letztere Form des Blütenheliotropismus geht allmählich in die erstere über. Die bekannte Sonnenblume (Helianthus annuus) wird gewöhnlich als Urbild einer dem Gange der Sonne folgenden Blüte hingestellt. Dies ist aber nicht richtig. Fast immer nimmt sie eine unveränderliche, wenn auch zweifellos durch das Licht bestimmte Lage an, und nur bei schnellem Wuchse, in nicht genügendem Lichte und bei kurz andauernder täglicher Beleuchtung läßt sie, besonders vor dem Eintritte des Aufblühens, eine schwache Bewegung mit der Sonne erkennen. Die bekannten Arten vom Wiesenbocksbart (Tragopogon pratense, orientale u. a.) bilden ein schöneres Beispiel von thatsächlich mit der Sonne sich bewegenden Blüten. Schon vor Sonnenaufgang sind die zu dieser Zeit noch geschlossenen Blütenköpfchen nach Osten gewendet. Nach Sonnenaufgang öffnen sie sich. Geht man morgens über eine mit Tragopogon geschmückte Wiese in der Richtung des Schattens, also nach Westen, so leuchten einem alle Blütenköpfe entgegen, denn sie schauen alle nach Osten; kehrt man sich um, so daß man die Sonne genau vor sich hat, so sind die hellen Farben, womit diese Blüten das Grün beleben, beinahe ausgelöscht, denn die Blüten kehren uns den Rücken und wenden uns die grünen Hüllkelche entgegen. Die Blütenköpfe wenden sich, solange sie geöffnet sind, ziemlich genau mit der Sonne und stehen nachmittags geschlossen gegen Westen. Nach Sonnenuntergang erheben sie sich geotropisch (s. w. u.) und stehen die Nacht über aufrecht; aber schon das östliche Dämmerlicht genügt, um sie heliotropisch zu stellen. An sehr sonnigen Tagen folgen sie nur bis in die Vormittagsstunden der Sonne. Das intensive Sonnenlicht sistiert ihre Bewegung.“ (Wiesner, das Bewegungsvermögen der Pflanzen). Im letzteren Falle tritt die im vorigen Abschnitte besprochene Schlafstellung ein.

Doch nicht bloß chlorophyllhaltige, also grüne Pflanzenteile zeigen heliotropische Krümmungen, nein, auch chlorophyllose Pflanzen, selbst Schimmelpilze. Ein auf Speiseresten in der Vorratskammer entstandener Mucorrasen (Mucor stolonifer ausgenommen) wird stets seine grauen bez. schwarzen Köpfchen dem einfallenden Lichte entgegenneigen.

Neben der großen Zahl pflanzlicher Organe, die sich bei einseitiger Beleuchtung dem Lichte zuwenden, giebts auch solche, bei denen das Gegen-

teil der Fall ist, die sich vom Lichte abwenden. Es thun dies beispielsweise die Ranken vom Wein (Vitis), der Zaunrebe (Ampelopsis) u. s. w. Man hat diese Erscheinung zum Unterschiede von jener negativen Heliotropismus oder Apheliotropismus (deutsch etwa Sonnenflüchtigkeit oder Sonnenscheu) genannt. Fast durchgängig lassen ihn die Wurzeln beobachten, in einzelnen Fällen in ganz besonders hohem Grade.

Die Fähigkeit, sich dem Lichte zuzukrümmen, besitzen nur wachsende Pflanzenteile; aber sie besitzen dieselbe nicht in allen Wachstumszonen. Niemals macht sich die betreffende Fähigkeit schon im jüngsten Pflanzenteile, in der Spitze, bemerklich. Stets tritt sie erst ein Stück unter derselben auf, und zwar nimmt sie nach abwärts bis zu einer bestimmten Stelle zu und dann wieder ab. Die Ursache der Krümmung nach dem Lichte zu ist kaum in etwas Anderem zu suchen, als in dem Lichtunterschiede zwischen der Vorder- und Hinterseite des sich krümmenden Organs. Es ist eine ganz bekannte Thatsache, daß das Licht das Wachstum hemmt, die Finsternis dasselbe beschleunigt, jedenfalls weil die nicht beleuchteten Gewebe einen größeren Turgor und eine größere Dehnbarkeit ihrer Zellhäute besitzen, als die beleuchteten. Ein im Lichte gezogener Keimling hat ausnahmslos längere Stengelglieder, als ein im Finstern gewachsener. Infolgedessen wird sich nun an einseitig beleuchteten Stengeln ein doppeltes Verhalten im Wachstum der Vorder- und Hinterseite geltend machen; die der Lichtquelle zugewendete Hälfte wird die wachstumhemmende Lichtwirkung erfahren und langsamer wachsen, die entgegengesetzte wird sich wie im Finstern verhalten und schneller wachsen. Da nun aber beide Hälften im innigsten Verbande stehen, wird die schneller wachsende genötigt sein, sich der langsamer wachsenden zuzuneigen resp. nach ihr umzubiegen. Wenn bei sehr großer Lichtstärke der Beleuchtungsunterschied zwischen Vorder- und Hinterseite fast verwischt wird, kann eine heliotropische Wirkung des Lichtes nicht mehr wahrzunehmen sein. Die Stärke des Heliotropismus hängt überhaupt nicht sowohl von der Intensität des Lichtes, als vielmehr von der Wachstumsfähigkeit des betreffenden Organes ab. Zu große Lichtstärke bringt schließlich das ganze Wachstum zum Stillstande. Es erklärt sich dadurch auch das Stillstehen der Blütenköpfe von Tragopogon. Selbst für Laubsprosse, deren manche sich ebenfalls mit der Sonne bewegen, tritt zur Mittagszeit bei starkem Sonnenschein oft eine Bewegungspause ein. Es geschieht dies beispielsweise bei denen des Topinambur (Helianthus tuberosus).

Wie der positive, vollzieht sich auch der negative Heliotropismus nur an wachsenden Pflanzenteilen; und er kann, wie jener, nur auf ungleichem Längenwachstum beruhen. Beide unterscheiden sich darin, daß beim positiven Heliotropismus die Schattenseite, beim negativen die Lichtseite begünstigt wächst. Wie und woher das kommt, ist noch vollständig dunkel, ebenso wie ja auch die Einflußnahme des Lichtes auf den positiven Heliotropismus noch bei weitem nicht in allen Einzelheiten aufgeklärt ist.

Daß manche pflanzliche Organe, z. B. viele Stengel, je nach den Lichtverhältnissen positiven oder negativen Heliotropismus zeigen, erklärt sich Prof. Wiesner dadurch, daß in solchen Organen wahrscheinlich positiv und negativ heliotropische Elemente zugleich vorhanden sind, von denen erstere im Finstern, letztere im Lichte begünstigt wachsen. Da sich die

Pflanzenstengel, so lange sie noch parenchymreich sind und wenig ausgebildete Gefäßbündel haben, relativ stark heliotropisch krümmen, aber bei stärkerer Entwickelung der Gefäßbündel größere Neigung zum negativen Heliotropismus erkennen lassen, glaubt er die Parenchymzellen als die positiv heliotropischen Elemente ansehen zu müssen, während die negativ heliotropischen Elemente wahrscheinlich in gewissen — nach dieser Richtung hin noch nicht erforschten — Zellen des Gefäßbündels zu suchen seien.

Die Darwinsche Behauptung, daß die Wirkung des Lichtes sich als Reiz auch auf im Dunkeln befindliche Pflanzenteile fortsetze, ergab sich nach Prof. Wiesners Untersuchungen als irrig; das Licht war nur imstande, an direkt beleuchteten (wachsenden) Pflanzenteilen Heliotropismus hervorzurufen.

Geotropismus.

Bei weitern pflanzlichen Bewegungserscheinungen spielt auch die Schwerkraft eine Rolle, in deren Bereich die Pflanze ebenso wie jeder andere Naturkörper steht und welcher gemäß sie sich jederzeit entwickeln muß. Sicher werden alle Wachstumsvorgänge mehr oder weniger von derselben beeinflußt, wenn auch die Art und Weise, wie die Schwerkraft ihren Einfluß geltend macht, ebenfalls noch dunkel ist.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist der Einfluß der Schwerkraft auf das Längswachstum junger Pflanzenteile, ja diese Kraft ist die hauptsächlichste Veranlassung, daß gewisse Organe aufwärts, andere dagegen abwärts wachsen. Am leichtesten kommt diese Einwirkung zur Wahrnehmung, wenn man die Längsachse des wachsenden Organs zur Richtung der Schwere in eine schiefe Lage bringt, und zwar wird sie um so deutlicher, je mehr der Winkel, den die Längsachse des Pflanzenorgans mit der Richtung der Schwere bildet, einem rechten nahe kommt. Ist die Wachstumsachse zum Erdradius in eine schiefe Lage gebracht, so veranlaßt die Schwerkraft auf der dem Erdinnern zugewendeten Seite ein langsameres, auf der entgegengesetzten Seite aber ein schnelleres Wachstum oder umgekehrt. Infolgedessen muß sich das Organ entweder abwärts oder aufwärts krümmen, bis es wieder in die ursprüngliche vertikale Lage zurückgekehrt ist. Von der Richtigkeit dieser Erscheinung können wir uns leicht überzeugen, wenn wir eine junge Keimpflanze z. B. die von einer Erbse, wie Figur 131 darstellt, in eine horizontale Lage bringen; wir werden dann bald den Stengel s aufwärts s', die Wurzel w abwärts w' wachsen sehen.

Figur 131. Einwirkung der Schwerkraft auf die in eine horizontale Lage gebrachte Keimpflanze von der Erbse (*Pisum sativum*). Der Stengel s richtet sich empor und wird s', die Wurzel w geht abwärts und wird zu w'.

Man bezeichnet diese Eigenschaft als **Geotropismus** und nennt **positiv geotropisch** die Organe, welche auf der Erdseite langsamer wachsen, hier also konkav werden und infolgedessen ihre freie Spitze abwärts richten, **negativ geotropisch** dagegen diejenigen, welche auf der Erdseite schneller wachsen, hier konvex werden und demgemäß ihr freies Ende emporrichten, bis es senkrecht aufwärts steht.

Haben Stengel und Hauptwurzeln endlich eine senkrechte Wachstumsrichtung angenommen, so halten sie diese fest, weil nun ihr Längenwachstum im großen und ganzen nach allen Seiten der Wachstumsachse hin gleichartig bleibt und jede Ablenkung durch den Geotropismus wieder ausgeglichen wird.

Die Halme der Gräser, die Stengel der meisten Stauden, die Stämme der Waldbäume stehen überall senkrecht zum Mittelpunkt der Erde, selbst an Bergabhängen mit bedeutender Neigung, weil sie in hohem Grade negativ geotropisch sind, während die Hauptwurzeln keimender Blütenpflanzen, sowie die aus Knollen, Zwiebeln und Rhizomen hervorbrechenden Nebenwurzeln positiven Geotropismus zeigen. Außer den Wurzeln sind auch manche beblätterte Sprosse positiv geotropisch, wie z. B. die Ausläufer verschiedener Pflanzen, die sich in die Erde einbohren, um Nebenwurzeln zu schlagen, ferner die Blüten von der Erdnuß (**Arachis hypogaea**) und dem in Südeuropa heimischen unterirdischen Klee (**Trifolium subterraneum**), sowie manche kleistogamen Blüten*), die verschiedene Pflanzen neben den normalen erzeugen.

Der Geotropismus zeigt bei den verschiedenen pflanzlichen Organen verschiedene Stärke. Das Wachstum der aus senkrechten Gebilden hervorgehenden seitlichen Gebilde, also der Seitenzweige aufrechter Stämme und der seitlichen Verzweigungen der Hauptwurzel, weicht fast stets mehr oder weniger von der Lotlinie ab, und zwar um so mehr, je höhern Ordnungen (vergl. S. 78) die seitlichen Gebilde angehören. Während z. B. die aus der Hauptwurzel oder einer starken stammbürtigen Wurzel entstehenden Verzweigungen, also die Nebenwurzeln 1. Ordnung, schon einen viel schwächern Geotropismus zeigen, als die Hauptwurzel selbst, wachsen bereits die Nebenwurzeln zweiter Ordnung nach allen Richtungen weiter, die ihnen durch ihre Anlage vorgezeichnet werden. Diese Thatsache wird verständlich, wenn man bedenkt, daß der Geotropismus, wie alle Nutationsbewegungen, um so kräftiger zum Ausdruck kommt, je wachstumsfähiger die Organe sind, die ihn zeigen, und daß dem Hauptstamme infolge seiner günstigeren Ernährung eine im Verhältnis zu den seitlichen Auszweigungen weit größere Wachstumsfähigkeit innewohnt. Bei Sprossen gleicher Art wirkt er stets um so stärker, je günstiger die Wachstumsbedingungen sind und je intensiver infolge davon das Wachstum selbst verläuft. Ein Beleg dafür ist das Verhalten der aus abgeschnittenen Stämmen und Ästen sich entwickelnden Wasserreiser, welche immer kerzengerade in die Höhe streben. Schon das Aussehen dieser Triebe spricht für die günstigen Ernährungsverhältnisse, unter denen sie stehen. Ihnen fließen ja aufs reichlichste die im Stamme angesammelten Reservestoffe zu, welche hunderte von Knospen zur Entwickelung bringen sollten. Ist es dann ein Wunder, wenn sie in ihrem Aufrichtungsbestreben mit dem Hauptstamme rivalisieren? Der Grad des Geotropismus hängt aber auch von der Neigung des Organs gegen den Horizont ab. Die Einwirkung der Schwerkraft ist immer um so größer, je mehr sich der wachsende Pflanzen-

*) Kleistogame Blüten sind solche, die knospenartig geschlossen bleiben, sich aber trotzdem befruchten und Früchte mit keimfähigen Samen entwickeln. Dergleichen entwickeln z. B. neben normalen farbigen das gänsefußblättrige Wiesenschaumkraut (**Cardamine chenopodifolia**).

teil der wagerechten Lage nähert und um so geringer, je mehr er der senkrechten Lage nahe kommt.

In vielen Fällen wirkt der Geotropismus dem Heliotropismus entgegen. Hat ein Sproß am Tage eine heliotropische Krümmung erfahren, so wird er des Nachts durch die Schwerkraft wieder gerade gerichtet, falls er in hohem Grade geotropisch ist. Gewöhnlich behält bezüglich der Stärke der Wirkung bei den Laubstengeln der Geotropismus, bei den Keimpflanzen dagegen der Heliotropismus die Oberhand. Ist ein gleichzeitig geotropisches und heliotropisches Organ sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt, so tritt die geotropische Wirkung immer zurück; ja heliotropisch sehr empfindliche Organe lassen von derselben gar keine Spur mehr erkennen. Oft vereinigen sich aber auch die beiden Kräfte in ihren Wirkungen. Es geschieht dies besonders, wenn pflanzliche Organe sich in abnormen Lagen befinden, und es kehren dieselben dann gewöhnlich sehr schnell wieder in die ihnen zusagende normale Lage zurück. Eine Folgewirkung kombinierter Kräfte ist auf jeden Fall auch die rechtwinkelige Stellung, welche die meisten Laubblätter zum Lichte einnehmen und in welcher sie allein ganz und voll vom Lichte beleuchtet werden. Charles Darwin bezeichnet diese Erscheinung als Paraheliotropismus und glaubt das Licht allein als Ursache derselben ansprechen zu müssen (gleichwie Prof. Frank, der sie als Diaheliotropismus bezeichnet), vermag aber keine nähere Erklärung darüber zu geben. Prof. Wiesner führt sie auf durchaus bekannte Vorgänge zurück. Die darüber gemachten Darlegungen resumiert er folgendermaßen: „In erster Linie ist es das Entgegenwirken von negativem Geotropismus und negativem Heliotropismus, wodurch das Blatt in eine zum Einfalle starken Lichtes senkrechte Lage gebracht wird; in dieser Lage wird das Blatt festgehalten, weil bei der nunmehr herrschenden stärksten Beleuchtung die Bedingungen für die negativ geotropische Aufrichtung des Blattes die ungünstigsten sind. Weiters werden aber auch noch andere auf Wachstum beruhende Bewegungen des Blattes, z. B. das durch die Belastung eingeleitete Zugwachstum, dann am meisten gehemmt, wenn die Beleuchtung die günstigste ist; dies ist aber dann der Fall, wenn das Blatt sich senkrecht zum herrschenden, genauer gesagt, zum stärksten zerstreuten Lichte gestellt hat."

Anhangsweise möge hier noch der Hydrotropismus Erwähnung finden, d. i. die Erscheinung, nach welcher senkrecht abwärts wachsende Wurzeln durch seitlich gelegene feuchte Gegenstände von ihrer senkrechten Richtung abgelenkt werden. Die Ursache davon kann wohl nur darin liegen, daß die sich krümmende Zone durch den einseitigen Einfluß der Feuchtigkeit direkt beeinflußt wird, nicht aber — wie Darwin meint — in der Wurzelspitze, die den Reiz empfange und auf die krümmungsfähige Zone übertrage.

Durch Zug, Druck und Berührung veranlaßte Bewegungen.

Eine Anzahl weiterer Bewegungen werden durch andere äußere Reize veranlaßt. Krümmungsbewegungen, durch Zug und Druck hervorgerufen, beobachten wir an den Sprossen verschiedener Holzpflanzen, wie z. B. an denen der Ulme und Hasel. Diese letztern besitzen sehr weiche Zweigenden, welche der Last der Blätter leicht nachgeben. Auch hier werden

die Bewegungen um so auffälliger, je schneller das Wachstum vor sich geht. Verlangsamt sich dasselbe, so machen sie sich weniger bemerklich oder hören schließlich ganz auf. Besonders deutlich kommen sie am wilden Wein (Ampelopsis hederacea) zum Ausdruck, an dessen langen weichen Stengelenden selbst die geringe Last der daran befindlichen Laubknospen schon ein Nicken bewirkt. Verliert das betreffende Stengelglied nach seiner Abwärtskrümmung infolge der Turgorsteigerung der in ein stärkeres Wachstum geratenen Zellen die ursprüngliche Weichheit und Biegsamkeit, so tritt eine Spannungsverschiedenheit zwischen der konvexen Oberseite und der konkaven Unterseite ein. Da die erstere Zug erfährt, wird ihr Wachstum beschleunigt, während es sich an der letzteren, die im Druck befindlich ist, verlangsamt. Auf diese Weise verstärkt sich die durch den leisen Druck angebahnte Krümmung. Dauert das Zugwachstum längere Zeit an, so verwandelt sich der ursprüngliche Haken in eine Schlinge. Wird dagegen das betreffende Stengelglied im Laufe des weiteren Wachstums negativ geotropisch, so richtet es sich wieder aufwärts. Das Zugwachstum spielt, wie Ende des vorigen Abschnittes angedeutet wurde, auch bei Einstellung der Blätter in die Lichtlage eine große Rolle.

Aus verschiedenen Versuchen, die Charles Darwin anstellte, glaubte dieser Forscher schließen zu müssen, daß ein auf die Wurzelspitze einseitig ausgeübter Druck die Wurzel nötige, in ihrer Wachstumszone eine Krümmung zu machen, welche sie von dem drückenden Gegenstande wegleite. Infolgedessen bildete er sich die Vorstellung, daß die Wurzelspitze den Reiz empfange und auf den krümmungsfähigen Teil, der ein Stück hinter der Spitze liegt, fortleite. (In ähnlicher Weise glaubt er auch die Wurzelspitze für Heliotropismus und Hydrotropismus empfänglich.) Nach Prof. Wiesners Versuchen verhält sich aber die Sache anders. Eine bloße Berührung vermag ein Abwenden noch nicht herbeizuführen; ein solches erfolgt erst, wenn die Wurzel an der Spitze einseitig eine kleine Verletzung erfährt. So wie diese eingetreten ist, krümmt sich zunächst die unverletzt gebliebene Seite konvex, da sie noch wächst oder vielmehr relativ stärker wächst, als die verletzte. Hierauf tritt aber hinter der verletzten Stelle ein im Vergleich zur gegenüberliegenden verstärktes Wachstum ein, und es erfolgt ein Wegwenden von der Seite, auf welcher die Verletzung erfolgte. Diese Thatsache ist nicht ohne Bedeutung fürs Pflanzenleben, weil jede Verletzung der Wurzelspitze ein Wegkrümmen der Wurzel von der gefahrbringenden Stelle zur Folge haben muß.

Während die eben besprochenen Reizbewegungen vom Wachstum begleitet sind, giebt es nun auch solche, die hauptsächlich durch Turgoränderungen zustande kommen (Variationsbewegungen). Hierher gehören die Bewegungen infolge von Berührungs- bez. Erschütterungsreizen.

Dergleichen Bewegungen zeigen verschiedene oberirdische Pflanzenorgane, zunächst die Blätter verschiedener Pflanzen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die schamhafte Sinnpflanze, Mimosa pudica (Tafel 47 Figur 101), die ja auch sehr auffällige Schlafbewegungen macht. Sie trägt an einem langen Blattstiele zwei Paar Blattstiele zweiter Ordnung und an diesen zahlreiche Blätter dritter Ordnung. Wie die Blattstiele erster Ordnung haben auch die zweiter und dritter Ordnung an ihrem Grunde sogenannte Gelenkpolster,

welche von einem centralen biegsamen Gefäßbündel durchzogen werden und außerdem aus einem sehr saftreichen Rindenparenchym bestehen, zwischen dessen Zellen sich lufterfüllte Zwischenzellräume befinden. Werden die Blätter, die den Tag über flach und horizontal ausgebreitet sind, auf der Unterseite des Gelenkpolsters leise berührt, so führt dies sogleich eine lebhafte Krümmung herbei, wobei der Blattstiel in eine abwärts geneigte Lage übergeht. Die Oberseite des Polsters empfindet einen derartigen Reiz nicht. Der Reiz bewirkt aber nicht bloß Krümmung des Blattstiels erster Ordnung, er pflanzt sich vielmehr zu den Gelenkpolstern zweiter und dritter Ordnung fort; die Blattstiele zweiter Ordnung krümmen sich nach vorn, die der Blättchen dritter Ordnung nach vorn aufwärts, und zwar so, daß sie sich mit ihren Oberseiten berühren — kurz und gut, sie nehmen eine mit der Schlafstellung übereinstimmende Stellung ein. Die Reizbewegung kann sich aber durch den Stengel auch auf benachbarte Blätter und schließlich über die ganze Pflanze ausbreiten, so daß endlich alle Blätter sich abwärts krümmen und zusammenfalten. Nach einiger Zeit kehrt die Pflanze in die ursprüngliche Stellung zurück, und dann kann die Reizung mit gleichem Erfolge wiederholt werden. Bei öfterer Wiederholung wird aber die Reaktion nach und nach immer geringer.

Die Bewegung kommt wahrscheinlich auf folgende Weise zustande: Die Berührung bewirkt, daß aus den stark angeschwollenen (turgescierenden) Zellen der Unterseite des Gelenkpolsters Wasser in die Zwischenzellräume austritt, wodurch die Zellhäute zum Zusammenziehen gebracht und das Gewebe erschlafft wird. Infolgedessen muß sich nun das Organ krümmen. Auch von der kleinsten Berührungsstelle geht der Anstoß schnell auf die benachbarten Zellen über. Bei dieser Gelegenheit wird das Gelenkpolster immer dunkler, da die in den Intercellularräumen befindliche Luft durch das Wasser verdrängt wird. Sobald in der Bewegung ein Stillstand eingetreten ist, wird durch die diosmotische Kraft des Zellinhalts das Wasser wieder in die Zellen aufgenommen, und in dem Grade, als sie ihre frühere Straffheit wieder erlangen, kehren die einzelnen Blatteile in die alte Lage zurück. Die Fortleitung des Reizes wird wahrscheinlich durch eine Bewegung des in den Gefäßbündeln befindlichen Wassers bewirkt, zu welcher der Austritt von Wasser aus den Zellen den ersten Anstoß giebt.

Die Beweglichkeit ist übrigens noch an verschiedene äußere Bedingungen geknüpft, ohne deren Vorhandensein die Pflanze in einen gewissen Starrezustand übergeht. So tritt ein solcher Zustand ein, sobald der Pflanze einen oder mehrere Tage hindurch das Licht entzogen wurde (Dunkelstarre), oder sobald sie in einem Raume mehrere Stunden weilte, dessen Temperatur unter 15° hinabgegangen war (Kältestarre), oder sobald sie in feuchter Luft eine Temperatur von 40°C. eine Stunde lang, einer Temperatur von 45° eine halbe Stunde lang, einer Temperatur von 49—50° nur wenige Minuten lang ausgesetzt worden war (Wärmestarre), oder endlich, sobald der Boden längere Zeit in einem gewissen Grade der Trockenheit sich befand (Trockenstarre). Nur nach längerer Einwirkung günstigerer Bedingungen kehrt gewöhnlich die frühere Empfindlichkeit wieder. Im luftleeren Raume schwindet die Beweglichkeit ebenfalls; ebenso heben sie auch Chloroform, Ätherdämpfe und die übrigen den tierischen Organismus unempfindlich machenden Mittel auf.

Ähnliche, aber weit schwächere Reizbewegungen zeigen noch andere Hülsenfrüchtler, ferner der gemeine Sauerklee (**Oxalis acetosella**), dessen im normalen Zustande horizontal ausgebreitete Teilblättchen sich bei heftiger Erschütterung senken.

Über den Nutzen, den dergleichen durch Berührung oder Erschütterung hervorgerufene Bewegungen für die Blätter haben, läßt sich wohl kaum eine Vermutung aufstellen.

Ferner krümmen sich auch manche Staubgefäße bei schwacher Berührung der Basis nach innen, so daß die Antheren auf die Narbe zu liegen kommen. Wir beobachten dies bei **Berberis vulgaris**, **B. emarginata**, **Mahonia aquifolium** u. a. Auch hier findet sich im Innern ein dünnes Gefäßbündel, welches von langgestreckten, mit Intercellularräumen versehenen Parenchymzellen umgeben wird. Die Bewegung wird also hier jedenfalls in derselben Weise zustande gebracht, wie durch die Gelenkpolster der **Mimosa**.

Reizbewegungen der Antheren finden sich auch bei einigen Abteilungen der Korbblütler, den Cynareen und Cichoriaceen. Sie bewirken, daß der Blütenstaub (durch Verkürzung der Antheren) nach oben entleert und den darüber hinwegschreitenden Insekten angeheftet wird, dienen also dem Zwecke der Bestäubung ebenso, wie die Bewegungen der vorhin erwähnten Staubgefäße von **Berberis** und **Mahonia**.

Von den weiblichen Geschlechtsorganen sind die Narbenlappen von **Mimulus**, **Martynia**, **Goldfussia anisophylla**, welche spontan nutieren, als reizbar bekannt. Dieselben legen sich nach Berührung der Innenseite zusammen, offenbar um den durch Insekten überkommenen Blütenstaub festzuhalten, oder dem der eignen Blüte entstammenden den Zutritt zu wehren.

Bewegungen, die eine Ortsveränderung herbeiführen.

Anhangsweise mögen noch einige Bewegungen Erwähnung finden, die eine Ortsveränderung bedingen. Hierher gehören die früher schon angezogenen Kriechbewegungen, die wir an den Plasmodien der Schleimpilze (Myxomyceten) beobachten.

Das Plasmodium der Lohblüte (**Aethalium septicum**) kriecht im Dunkeln aus der Lohe hervor und bei Beleuchtung wieder in dieselbe zurück. Es scheint, als ob infolge von Beleuchtung dasselbe genötigt würde, passiv dem Zuge der Schwere zu folgen, während es nach längerem Verweilen im Dunkeln die Fähigkeit erlangt, der Schwere entgegen sich zu erheben.

Zu den Ortsveränderungen, die durch das Licht beeinflußt werden, gehören auch die ebenfalls bereits erwähnten Schwimmbewegungen der Zoosporen. Ihre Längsachse in die Richtung des einfallenden Strahles stellend, suchen manche die Lichtquelle, während andere sie fliehen. Nach Prof. Stahl herrscht hierbei eine gewisse Periodicität, indem die Zoosporen vom Lichte bald angezogen, bald wieder abgestoßen werden. Meist sieht man sie bei geringer Lichtstärke sich dem Lichte zubewegen, bei größerer dasselbe fliehen.

Ganz ähnlich wirkt das Licht auch auf die in feste Zellhäute eingeschlossenen Desmidieen, Diatomeen und die Oscillarienfäden; es veranlaßt dieselben ebenfalls zu verschiedenen Bewegungen.

Endlich sei noch der Schleuderbewegungen gedacht, die sich an verschiedenen Früchten zum Zwecke des Ausstreuens der Samen bez. der Sporen beobachten lassen. Sehr oft öffnen sich dergleichen Behälter mit einem so kräftigen Rucke, daß infolgedessen der Inhalt wie durch eine Explosion fortgeschleudert wird. Das geschieht z. B. bei der Farnfamilie der Polypodiaceen. Hier spannt sich über die eine Seite der zartwandigen Sporenfrucht ein aus stark verdickten Zellen bestehender Ring, der zur Reifezeit auf der Außenseite stärker eintrocknet. Infolge des dadurch erzeugten Bestrebens, sich gerade zu strecken, zerreißt die Sporangienwand, und die Sporen werden nach allen Richtungen hin ausgestreut.

Bei den Veilchenarten sind die drei kahnförmigen Klappen, die zur Reifezeit sich von obenher voneinander lösen, an der Basis aber miteinander vereinigt bleiben, derartig gebaut, daß bei Eintrocknung die Seitenwände der Kähne sich gegeneinander nähern. Durch diese Annäherung werden die in den Kähnen in drei Reihen liegenden Samen von der Seite mehr und mehr gepreßt, bis sie endlich dem Drucke nicht widerstehen können und mit einer nicht unbeträchtlichen Schnellkraft hervorglitschen, wobei sie in einem Umkreise von mehreren Schritten umhergestreut werden.

Auf einer andern Einrichtung beruht der Schleudermechanismus bei vielen Hülsenfrüchtlern z. B. bei den Arten von der Wolfsbohne (Lupinus), Blatt- und Walderbse (Lathyrus und Orobus). Hier haben die beiden Klappen der Hülse bei dem schiefen Verlaufe ihrer Fasern das Bestreben, sich schraubig aufzurollen, können aber diesem Bestreben nicht eher folgen, als bis der Verband ihrer Seiten gelöst ist. Wird endlich dieses Hindernis durch weitere Eintrocknung überwunden, so schnellen die Klappen bei ihrem plötzlichen Ausdrehen die an ihnen lose befestigten Samen derartig fort, daß dieselben in eine Entfernung bis zu 12 Schritten fortbewegt werden. Ähnlich ist der Mechanismus bei vielen Rauten- und Wolfsmilchgewächsen (Rutaceen und Euphorbiaceen), nur daß hier die Ausdrehung der Kapselklappen eine nicht so starke und augenfällige ist, wie bei den Hülsenfrüchtlern und der Schleudermechanismus mehr darin besteht, daß durch das Aufreißen der Kapselklappen von obenher ein Druck auf die von ihnen bis dahin eingeschlossenen Samen von unten her ausgeübt wird, der diese hinwegschleudert. In noch andern Fällen z. B. bei den Bärenklaugewächsen (Acanthaceen) und der Eschscholtzia californica sind die Fruchtklappen derartig gebaut, daß sie bei Eintrocknung das Bestreben zeigen, sich uhrfederartig aufzurollen, welches Bestreben aber anfangs darin ein Hindernis findet, daß der Kapselgrund mit der Mutterpflanze in fester Vereinigung ist; endlich wird jedoch dieses Hindernis bei stärkerer Austrocknung überwunden, die Kapsel reißt am Grunde los, und ihre Klappen, die nun von untenher sich voneinander entfernen, schleudern hierbei die ihnen lose ansitzenden Samen in eine nicht unbeträchtliche Entfernung fort. Ähnlich ist auch das Verhältnis bei dem Schleudermechanismus der Früchte von Erodium, Geranium und Scandix. Endlich haben wir an den Grannen einiger Gräser, besonders einiger Hafer- (Avena-) Arten z. B. von Avena sterilis noch einen ganz andern Bewegungsmechanismus. Hier ist nämlich der untere Teil der an den Früchten befestigten Grannen derartig gebaut, daß er bei Austrocknung sich spiralig aufdreht, während der obere Teil der Grannen dies nicht thut; da nun zwei

Grannen an jedem Fruchtcomplexe sind, so begegnen sich dieselben auf ihrem Umdrehungswege und stemmen sich gegeneinander, bis sie endlich bei weiterem Stemmen aneinander abrutschen und dadurch dem ganzen Fruchtcomplexe einen solchen Ruck mitteilen, daß er ein wenig, wenn auch nicht weit, fortgeschleudert wird. Eine langsame Bewegung wird von denselben Grannen dadurch hervorgebracht, daß sie bei ihrer Umdrehung sich gegen den Erdboden stemmen und in dieser Weise sich der Fruchtcomplex seitlich fortwälzt!

„In allen diesen Fällen beruht der Schleudermechanismus darauf, daß in den betreffenden Früchten gewisse Zellschichten bei einem besondern Baue sich unter den Einflüssen der Eintrocknung stärker (oder in einer andern Richtung) zusammenziehen, als die benachbarten Schichten, durch welches Verhältnis schließlich eine solche Spannung hervorgebracht wird, daß durch dieselbe nicht nur die Klappen der Früchte sich voneinander lösen, sondern bei dieser Lösung so schnell ihren Spannungsverhältnissen durch Aufrollung folgen, daß hierbei die Samen mehr oder weniger weit fortgeschleudert werden.“ (Hildebrand, Verbreitungsmittel der Pflanzen.)

Während in den angegebenen Fällen die Schleuderbewegung neben dem innern Baue stets von äußern atmosphärischen Einflüssen (die das Austrocknen bedingen) abhängig ist, erfolgt sie in einigen andern nur aus innern Ursachen, nämlich durch den Turgor, (also den durch Saftfülle hervorgerufenen Spannungszustand) gewisser Gewebsschichten.

Bei den Früchten von der Balsamine (Impatiens), dem Springschaumkraut (Cardamine impatiens), der Cyklanthere, ferner bei den Samen vom Sauerklee (Oxalis) sind gewisse saftige Zellschichten sehr stark turgescent und infolgedessen in hohem Spannungszustande, während die benachbarten Schichten diesen Turgor nicht zeigen. Übersteigt die Spannung einen gewissen Grad, so wird der Zusammenhang der Fruchtwände oder der äußern Samenhaut entweder an bestimmten oder an beliebigen Stellen zerrissen, die einzelnen Lappen der Fruchtwände rollen sich ein und schleudern dabei durch einen ziemlich heftigen Stoß die ihnen anhängenden oder zwischen ihnen befindlich gewesenen Samen eine bedeutende Strecke fort. Bei der Vexiergurke (Momordica elaterium) zerreißen die Fruchtwände nicht, üben aber einen so bedeutenden Druck auf das Innere aus, daß schließlich bei Ablösung des Fruchtstiels der im Innern befindlichen Saft mit den darin schwimmenden Samen weit hinweggespritzt wird.

6. Die Fortpflanzung.

Allgemeines.

Der pflanzliche Organismus hat wie der tierische eine begrenzte Lebensdauer; nicht bloß derjenige, der als Blume des Feldes im Frühjahr erst aus einem Keime hervorsproßt, um nach kurzer Blütezeit im Sommer oder Herbste bereits wieder dahinzuwelken, sondern auch der, welcher als mächtiger Baum sich weithin ausbreitet und Jahrtausende hindurch dem Sturme der Zeiten trotzt. Auch die Pflanzen sterben also nach längerer oder kürzerer Lebenszeit ab. Daß die einzelnen Gattungen dabei nicht aussterben, verhindert das allen Pflanzen innwohnende Vermögen, sich zu verjüngen, d. h. in der Zeit ihrer vollen Entwicklung einzelne Teile abzugliedern, aus denen

unter zusagenden Verhältnissen neue Pflanzen hervorzugehen vermögen. Man bezeichnet diese für das Bestehen der Pflanzenwelt unumgänglich nötige Verjüngung als Fortpflanzung.

Mit der Fortpflanzung ist nicht in allen Fällen, aber doch sehr oft, eine Vermehrung der Individuen verbunden. Die meisten Erdorchideen bilden beispielsweise jedes Jahr nur eine neue Knolle, aus welcher im nächsten eine neue Pflanze hervorgeht; während die alte, aus der die diesjährige Pflanze entstand, im Herbste mit der Pflanze selbst wieder verschwindet. Die Kartoffel dagegen vermag eine größere Menge Knollen hervorzubringen, von denen aus jeder einzelnen mindestens eine, ja bei Zerstückelung so viel Pflanzen zu entstehen vermögen, als Knospen (Augen) an ihr vorhanden sind. Man sieht daraus, daß Fortpflanzung und Vermehrung sich nicht vollkommen decken.

Die Fortpflanzung kann eine doppelte: eine ungeschlechtliche (Propagation) und eine geschlechtliche (Reproduktion) sein. Die erstere ist bei den niedersten Lagerpflanzen die allein vorkommende; bei den übrigen Lagerpflanzen und bei den Stengelpflanzen finden sich in der Regel beide nebeneinander.

Das Produkt der geschlechtlichen Fortpflanzung heißt bei der niederen Abteilung der Pflanzen (Linnés Kryptogamen) Spore. Es ist dies ein einzelliges Gebilde, gewissermaßen ein einzelnes Bläschen, das direkt bei der Befruchtung entsteht oder auf einem umfangreichen Fruchtkörper gebildet wird, der aus dem befruchteten weiblichen Organe hervorgegangen ist.

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Pflanzen der höheren Abteilung (Linnés Phanerogamen) bezweckt die Bildung von Samen, d. h. vielzellige Gebilde, welche schon die neue Pflanze: den aus Würzelchen, Federchen und Keimblättern bestehenden Embryo, in sich einschließen. Man bezeichnet nach den betreffenden Fortpflanzungorganen die niederen Pflanzen auch als Sporenpflanzen (Sporophyten), die höheren als Samenpflanzen (Spermatophyten).

Lagerpflanzen ohne Geschlechtlichkeit.

Ganz an der untersten Grenze des Gewächsreichs stehen die Spaltpilze (Schizomyceten)*), winzig kleine kugelige, ovale oder stabförmige Zellen, die sich durch fortgesetzte Teilung in kurzer Zeit außerordentlich vermehren und zwar einfach dadurch, daß sie sich in die Länge strecken, in der Mitte einschnüren und dann in zwei Hälften zerbrechen, deren jede den Teilungsprozeß von neuem beginnt. Die ovalen und stabförmigen Spaltpilze pflanzen sich außerdem aber auch noch durch glänzende, ellipsoidische Körnchen (Sporen**) oder Keimzellen) fort, die innerhalb ihres Körpers (Tafel 1, Figur 1d) entstehen, aber in der Regel erst nach längerer Ruheperiode zur Keimung gelangen. Die Keimung der Sporen geht in der Weise vor sich, daß sie zunächst anschwellen, worauf dann die umschließende Haut aufspringt und

*) Zu ihnen gehört der Erreger der ammoniakalischen Fäulnis (Bacterium termo), der Erreger der Essiggährung (Mycoderma aceti), der Buttersäuregährung (Bacillus Amylobacter) u. s. w.

**) Die Bezeichnung Spore ist hier eigentlich nicht ganz richtig, da die Zellen ungeschlechtlich entstehen.

der Keimschlauch hervortritt, der unmittelbar zu einem neuen Stäbchen auswächst, das sich abermals durch Teilung vermehrt.

Bei den zu den Phykochromaceen (einer Algenabteilung) gehörigen Oscillarien sind die Zellen zu langen Fäden aneinander gereiht. Sie vermehren sich aber in ganz gleicher Weise durch Teilungen, welche rechtwinkelig zu ihrer Achse erfolgen. Neue Oscillarienfäden entstehen durch Zerbrechen oder richtiger durch Zerfallen älterer in mehrzellige Glieder. Einige der zu derselben Abteilung gehörigen Nostochaceengattungen (z. B. Cylindrospermum) zeigen neben der Vermehrung durch Teilung auch den Prozeß der Sporenbildung. Nur formt nicht jede der im Verbande eines Fadens befindlichen Zellen ihren Inhalt zu einer Spore um; es thun dies vielmehr nur einzelne. Aus den derbwandigen Sporen gehen auch hier nur erst nach längerer Ruheperiode vegetative Zellfäden hervor.

Bei den Sproß- oder Hefepilzen endlich, zu denen Bier- und Weinhefe, der Kahm 2c. gehören, findet eine lebhafte Vermehrung dadurch statt, daß die Zellen, welche sie bilden, bald an einer, bald an mehreren Stellen ihrer Oberfläche knopfförmige Ausstülpungen hervortreiben (Tafel I, Figur 2), die sich mit dem Inhalte der Mutterzelle füllen, durch Einschnürung am Grunde aber nach und nach ganz von ihr absondern und schließlich, sobald sie die Größe der Mutterzelle erreichten, von dieser ablösen oder aber auch mit ihr noch länger — wenn auch nur im äußeren — Zusammenhange bleiben. Außerdem besitzen sie aber auch eine Art Sporenbildung, indem sich innerhalb einer Mutterzelle aus dem Protoplasma derselben zwei bis vier Tochterzellen bilden, die nach Auflösung der Membran der Mutterzelle frei werden und unter zusagenden Verhältnissen den Prozeß der Sprossung von neuem beginnen.

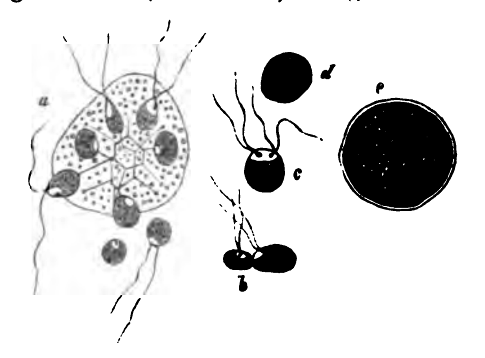
Die niedersten Formen geschlechtlicher Fortpflanzung.

Während es sich bei den eben betrachteten Formen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung um weiter nichts, als um die Ablösung einzelner Teile von den betreffenden Individuen handelt, von denen ein jeder ohne weiteres sich wieder zu einem vollständigen Individuum auszubilden vermag, besteht das Wesentliche der geschlechtlichen Fortpflanzung darin, daß zwei verschiedene Zellen, die in der Regel auch verschiedener Abstammung sind, zusammenwirken und dadurch Keime erzeugen, die wieder neue Individuen produzieren. Meist unterscheiden sich die beiden Zellen schon durch Größe und Form voneinander, besonders aber sind sie durch ihr Verhalten bei der Vereinigung verschieden. Die eine zeigt sich immer aktiv und bewegt sich zur andern hin, verliert aber durch die Vereinigung ihre Selbstständigkeit; es ist dies die männliche Geschlechtszelle. Die andere dagegen verhält sich passiv, nimmt die Substanz jener in sich auf, liefert aber selbst die größte Stoffmenge zur Bildung des unmittelbaren Vereinigungsproduktes; es ist die weibliche Geschlechtszelle. Jene, die männliche Zelle, bezeichnet man durchgängig als Spermatozoid, diese, die weibliche, als Eizelle.

Freilich liebt die Natur keine Sprünge. Es wird demnach die Geschlechtlichkeit (Sexualität) auf den untersten Stufen nicht in so ausgeprägter Weise auftreten wie später, sie wird sich vielmehr erst ganz allmählich hervorbilden.

Bei ihrem ersten Erscheinen ist von einer äußeren Verschiedenheit der beiden Geschlechtszellen, die man Gameten genannt hat, durchaus noch keine Rede; auch bei der Verschmelzung verhalten sie sich noch gleichartig, so daß man unmöglich eine männliche und eine weibliche zu unterscheiden vermag. Diese erste und unvollkommenste Erscheinung eines geschlechtlichen Verhaltens wird allgemein als Kopulation bezeichnet; das entwickelungsfähige Produkt derselben, das aus dem Zusammenwirken der beiden Gameten hervorgeht, heißt Zygot oder Zygospore.

Die Kopulation tritt uns zunächst entgegen an den Schwärmzellen verschiedener Algen, besonders solcher aus den Familien der Volvocineen, Protococcaceen u. s. w. Als Beispiel wähle ich die in Teichen und Gräben nicht seltene Volvocinee (Pandorina Morum). Dieselbe findet sich gewöhnlich in Familien (Cönobien), die einen kugeligen oder durch die dicht aneinander gedrängten Zellen auch traubig erscheinenden Zellkörper darstellen. Derselbe besteht meist aus 16 Zellen, die durch gegenseitigen Druck etwas eckig geworden und mit je zwei Geißeln, grünem Inhalte und rotem Pigmentflecke versehen sind. Der betreffende Zellkörper wird von einer Gallerthülle umgeben, aus welcher die langen Geißeln (Cilien) hervorragen. Die geschlechtliche Fortpflanzung wird nun ebenso wie die ungeschlechtliche dadurch eingeleitet, daß jede der 16 Zellen wieder in 16 Zellen zerfällt. Während aber bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung (der Propagation) die neu entstandenen Tochterfamilien unmittelbar zur Größe der Mutterfamilie heranwachsen, werden bei der geschlechtlichen die neugebildeten Zellen (Figur 132a) sämtlich frei und schwärmen umher. In dem Gewimmel kann man nun beobachten, wie zwei in verschiedenen Familien entstandene Schwärmsporen einander aufsuchen (Figur 132bc), sich mit ihren farblosen Enden berühren und miteinander zu einem bisquitförmigen Körper verschmelzen, der sehr bald die Gestalt einer Kugel und nach und nach eine zinnoberrote Färbung annimmt. Es ist dies die Zygospore (Figur 132d u. e), die nach einer Ruheperiode keimt, indem ihre äußere Haut aufbricht und die innere Schicht in Form zweier oder dreier großer Schwärmzellen austritt, die nach kurzem Schwärmen eine Gallerthülle ausscheiden und durch wiederholte Teilung in 16 Zellen zerfallen, somit also wieder zu einem ähnlichen Gebilde werden, wie das ursprüngliche Cönobium.



Figur 132. Pandorina morum: a eine Familie von geschlechtlichen Zellen, deren einzelne aus der verschleimten Hülle heraustreten, b und c Paarung der Schwärmsporen, d eine junge, e eine ausgewachsene Zygospore. (Nach Pringsh.)

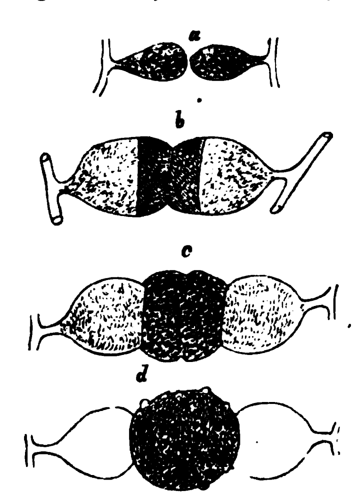
Bei andern Algengattungen, z. B. Hydrodictyon, kopulieren zuweilen selbst drei und mehr Schwärmsporen.

Als Kopulationsprozeß ist wohl auch ein Vorgang aufzufassen, der die Fortpflanzung der Schleimpilze (Myxomyceten) zur Folge hat. Diese merkwürdigen und von den übrigen Pilzen so abweichenden Gebilde, daß

viele Forscher sie aus dem Pflanzenreiche ausscheiden zu müssen glaubten, entstehen aus kleinen kugeligen Sporen. Beim Keimen springt die Membran derselben auf, und die gesamte Protoplasmamasse tritt mit einem Male aus dem engen Behälter hervor, breitet sich aus und kriecht eine Zeit lang amöbenartig umher, dabei durch Nahrungaufnahme wachsend und durch Teilung sich vermehrend. Später verschwindet der in jedem Protoplasmakörper befindliche Zellkern, und die Bewegung verlangsamt sich. Nunmehr kriechen die verschiedenen Amöben einander entgegen, legen sich dicht aneinander an und verschmelzen zu einem größern Körper, dem **Plasmodium**, das sich nun je nach den verschiedenen Gattungen in verschiedener Weise in einen oder mehrere Fruchtkörper umbildet, welche Tausende von Sporen einschließen. Hier würden also die einzelnen Protoplasmakörper als Gameten, das Plasmodium aber als Zygote oder Zygospore aufzufassen sein.

Während in den ebenbesprochenen Fällen die Kopulation zwischen beweglichen Zellen stattfindet, tritt sie bei den zur Gruppe der Mucorinen gehörigen Pilzen zwischen unbeweglichen, aber ebenfalls gleich großen Zellen auf.

Bei Mucor Aspergillus (Sporodinia grandis), der im Sommer häufig auf faulenden Hutpilzen zu finden ist und sich hier zunächst ungeschlechtlich vermehrt, indem er auf langen Fruchtfäden, die sich gegen ihr Ende hin vielfach gabelig verzweigen, eine reiche Fülle von Sporenfrüchten (Sporangien) trägt, deren jede eine beträchtliche Anzahl von lichtbraunen, kugelig-eckigen Sporen einschließt, beginnt die Kopulation damit, daß von zwei benachbarten (aber selten nahe verwandten) Pilzfäden kurze, keulenförmige Äste gegeneinander wachsen (Figur 133a), bis sie sich berühren, sich dann abplatten und nun einen etwas gekrümmten spindelförmigen Körper darstellen, der gleichsam eine Brücke zwischen den beiden Fäden bildet. Es sind dies die sogenannten Fruchtkeulen. An der Berührungsstelle trennt sie anfangs noch eine doppelte Scheidewand, da jede einzelne Fruchtkeule durch ihre Membran geschlossen wird. Überdies macht sich ihre Vereinigungsstelle durch eine ringsumgehende Einschnürung bemerklich. Infolge des reich zuströmenden Protoplasma vergrößern sich die Fruchtkeulen immer mehr. Nachdem sie eine bestimmte Größe erreicht haben, bilden sich rechts und links von der sie trennenden Scheidewand und parallel mit ihr zwei andere Scheidewände (Figur 133b), so daß jede von ihnen nunmehr in eine längere, dem Tragfaden zugekehrte und eine kürzere, der andern Fruchtkeule anliegende Zelle zerfällt: in die sogenannte **Tragzelle** oder den **Suspensor** und in die **Fruchtzelle**. Bald darauf vereinigen sich die beiden



Figur 133. Kopulationsvorgang bei Mucor Aspergillus (Sporodinia grandis).

Fruchtzellen in eine einzige, die Zygospore, indem die anfangs doppelte Scheidewand immer dünner wird und endlich in der Mitte eine Öffnung erhält, die, nach dem Rande fortschreitend, sich so lange erweitert, bis die Wand ganz verschwunden ist (Figur 133c). Schließlich verschwindet auch die Einschnürung. Die Zelle wächst nun noch eine Zeit lang fort und behält entweder die Form eines Cylinders oder nimmt die Gestalt eines kurzen, oft fast kugeligen Tönnchens an, das sich dunkelbraun färbt und auf der Oberfläche gewöhnlich warzig wird. Nach kürzerer oder längerer Ruhezeit gehen aus ihr wieder die anfangs erwähnten Sporangienträger hervor. Es findet sich also hier (wir werden dies später noch öfter beobachten) ein regelmäßiger Wechsel zwischen geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung. Man bezeichnet denselben, ebenso wie im Tierreiche, als Generationswechsel.

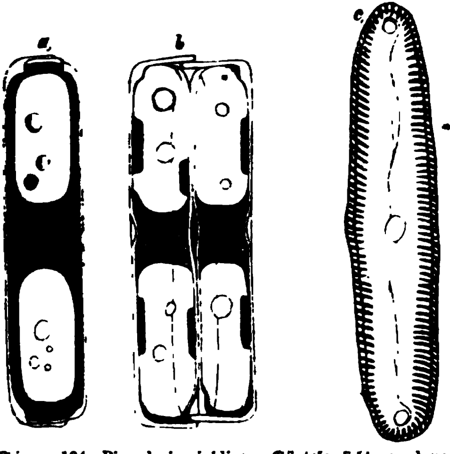
Ein kleiner Fortschritt zur Ausbildung einer größern Verschiedenartigkeit zwischen den einzelnen Geschlechtern macht sich in der Algengruppe der Konjugaten bemerklich, wo in der Regel die eine der beiden kopulierenden Zellen zur andern hinübergleitet und sich dadurch als männliche Zelle zu erkennen giebt, während die andere, die empfangende, sich als weibliche Zelle erweist. (Man vergleiche Figur 26).

Es würde zu weit führen, sollten alle die verschiedenen Kopulationsformen ausführlicher behandelt werden. Nur die Kopulation der Diatomeen möchte ich noch kurz vorführen.

Die Diatomeen sind einzellige Algen von außerordentlich verschiedener Gestalt, deren Zellwände aus zwei ineinander geschobenen, verkieselten Hälften bestehen. Um eine richtige Vorstellung von ihrem Baue zu gewinnen, dürfen wir sie uns nur als flache Schachteln vorstellen. Wie diese bestehen sie aus zwei Hälften, deren eine als Deckelhälfte über den Rand der andern weggreift. Infolgedessen unterscheiden wir an ihnen auch, wie bei einer Schachtel, zwei charakteristische Ansichten, nämlich eine Schalenansicht (der Ansicht entsprechend, die eine flache Schachtel bietet, welche auf einem Tische steht), und eine Gürtelansicht, auf welcher uns die Projektion der beiden übereinander geschobenen Ränder entgegentritt, die man Gürtelbänder nennt. Beide Gürtelbänder sind wie die beiden Schachtelhälften ineinander verschoben. Figur 134a zeigt uns die sehr häufig in stehenden und fließenden Gewässern auftretende Pinnularia viridis in der Schalenansicht, während Figur 134c uns die Gürtelansicht vorführt.

Beide Schalen umgeben wie zwei ineinander geschobene Schachtelhälften den Protoplasmakörper der Diatomeen. Bei der für gewöhnlich erfolgenden ungeschlechtlichen Fortpflanzung schieben sich die beiden Hälften voneinander ab, und nach der Teilung des Inhalts in zwei Tochterzellen (Figur 134b) bildet jede derselben an der der andern Hälfte zugekehrten Seite eine neue Schale. Nach der bald darauf erfolgenden völligen Trennung der beiden neu entstandenen Individuen besteht ein jedes derselben aus einer alten, vom Mutterindividuum überkommenen und aus einer neuen, selbstgebildeten Schale. Da die letztere stets kleiner ist, als die erstere (die erstere ist stets über die letztere gestülpt) und ein Wachstum der Kieselschalen nicht stattfindet, so ist es klar, daß die Individuen bei jeder neuen Teilung immer kleiner werden müssen.

Sind die Diatomeen durch wiederholte Teilung bis zu einem gewissen Minimum der Größe herabgesunken, so tritt ein Kopulationsvorgang ein, der die ursprüngliche Größe wieder herstellt. Er besteht wohl meist darin, daß zwei Individuen nach gegenseitiger Berührung ihre Protoplasmakörper aus den aufgeklappten Schalen hervortreten lassen, worauf dieselben sich eine kurze Zeit aneinander schmiegen, bald aber wieder trennen und nun kräftig zu sogenannten Auxosporen (weil sie den Zweck haben, die normale Größe der Generation wieder herzustellen) heranwachsen, die anfangs von einer mit Querlinien versehenen zarten Haut umschlossen werden und nur an den Enden dickere, sich später ablösende Kappen besitzen. Haben sie ihre endgiltige Größe erreicht, so bilden sie ihre Schalen und vermehren sich wieder durch die anfangs beschriebene Teilung, bis eine abermalige Auxosporenbildung notwendig wird.



Figur 134. Pinnularia viridis: a Gürtelansicht vor, b nach der Teilung, c Schalenansicht.

Bei Diatomeen kann Auxosporenbildung aber auch ohne vorhergegangene Berührung mit einem zweiten Individuum, von einer einzelnen Zelle ausgehend, erfolgen. Es tritt der Protoplasmakörper aus der Kieselschachtel hervor, wächst bis zur normalen Größe heran und scheidet dann neue Kieselschalen aus.

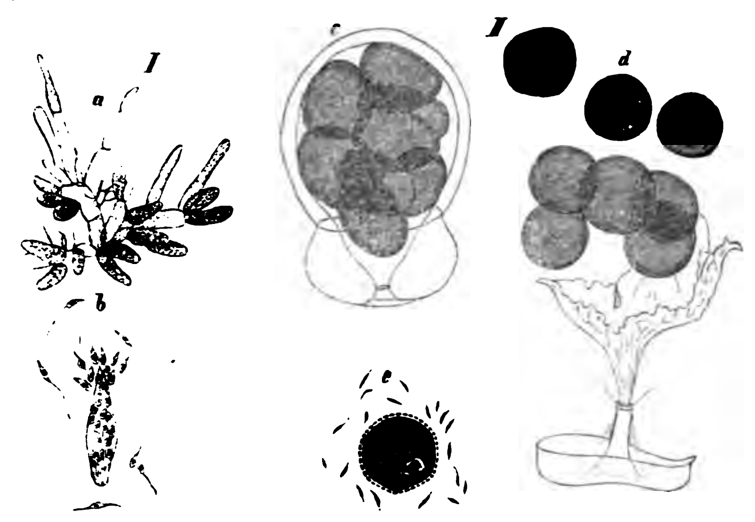
Höhere Formen geschlechtlicher Fortpflanzung bei den Lagerpflanzen.

Bei andern Lagerpflanzen macht sich schon äußerlich eine Verschiedenheit der zusammenwirkenden geschlechtlichen Zellen geltend.

Die im Mittelmeere an Felsen untergetaucht wachsende Zanardinia collaris entwickelt in größern und kleinern gestielten Behältern Schwärmsporen, und zwar werden in den größern Behältern größere Schwärmsporen gebildet, die die Rolle von Eizellen spielen, in den kleinern dagegen kleinere, welche die größeren, sobald sie zur Ruhe gekommen sind, als Spermatozoiden befruchten. Daneben findet sich noch eine ungeschlechtliche Vermehrung durch Brutbecher und neutrale Schwärmsporen.

Bei den Lebertangen (Fucaceen), beispielsweise dem bekannten Blasentange (Fucus vesiculosus), sind die Fortpflanzungsorgane in besondere Höhlen des Lagers eingesenkt, in die sogenannten Konceptakeln, welche sich an metamorphosierten Zweigspitzen des Lagers befinden. Dabei stehen die Oogonien, d. s. die weiblichen Organe, in denen sich die Eizellen finden, und die Zellen mit den Spermatozoiden (welche man hier wie bei allen Sporenpflanzen Antheridien nennt), stets auf verschiedenen Pflanzen. Die Oogonien (Figur 135c) sitzen, von zahlreichen Haaren umgeben, mittelst einer

besondern Stielzelle der Innenwand jener Höhlungen an. Sie werden von großen Zellen gebildet, die mit einem dichten Protoplasma erfüllt sind, aus dem zur Zeit der Geschlechtsreife acht nackte Eizellen entstehen, welche nach



Figur 135. Die Fortpflanzungsorgane vom Blasentang (Fucus vesiculosus): I. männliche Fortpflanzungsorgane, a Antheridienbüschel, b einzelnes Antheridium, Spermatozoiden entleerend; II. weibliche Fortpflanzungsorgane, c Oogonium von acht Eizellen erfüllt, d Entleerung der Eizellen nach dem Zerreißen der innern Haut des Oogoniums, e Befruchtung einer Eizelle. (n. Thuret.)

Auflösung der umschließenden Membran zunächst in das Konceptakulum und aus diesem ins Wasser gelangen. Die Antheridien (Figur 135a und b) dagegen gehen als kurze Seitenäste aus den Haaren hervor, welche die Konceptakeln anderer Individuen auskleiden. Letztere bilden zahlreiche Spermatozoiden, die mittelst ihrer beiden Wimpern lebhaft im Wasser herumwimmeln und, sobald sie eine Eizelle treffen, an ihrer schleimigen Oberfläche haften bleiben, um schließlich mit ihr zu verschmelzen. Nach der Befruchtung (Figur 135e) erst umkleidet sich die Eizelle mit einer Membran.

Bei den in unsern stehenden Gewässern häufigen Fadenalgen aus dem Geschlecht Oedogonium sind die Spermatozoiden in derselben Weise beweglich, wie bei Zanardinia und Fucus, aber die Eizellen lösen sich von der Mutterpflanze nicht ab, sondern bleiben im Oogonium, das nach Zusammenziehung seines Inhalts zur Eizelle sich öffnet und die heranschwimmenden Spermatozoiden in sich aufnimmt, worauf die Eizelle ebenfalls eine derbe Zellwand ausscheidet, um dann in einen längern Ruhezustand einzutreten und darnach ungeschlechtliche Schwärmsporen zu erzeugen, aus denen erst wieder die betreffende Fadenalge hervorgeht. Während bei einer Anzahl Oedogonien die Spermatozoiden unmittelbar aus gewissen Gliederzellen der Fäden hervorgehen, bilden andere in kurzen Gliedern zunächst kleine neutrale Schwärmsporen (Androsporen), die sich an die Außenwand eines Oogoniums festsetzen, keimen und dabei zu einem zwei- oder dreizelligen sogenannten Zwergmännchen heranwachsen, in dem sich erst die Spermatozoiden entwickeln.

Einen andern Typus der Fortpflanzung finden wir bei den Sapro-

legnieen und Peronosporeen, beide chlorophyllos und deshalb den Pilzen zugezählt. Nur bewohnen die erstern als Saprophyten bezw. als Schmarotzer im Wasser befindliche oder ins Wasser gefallene tierische und pflanzliche Organismen, dieselben oft mit dichtem, nach allen Seiten ausstrahlendem Rasen überziehend; während die letzteren sich das saftige, parenchymatische Gewebe vieler phanerogamen Pflanzen zur Wohn- und Nährstätte erkoren haben und in diesen ihr Mycel nach allen Richtungen hin ausbreiten.

Die Saprolegnieen erzeugen ihre Geschlechtszellen erst gegen Ende der Vegetationszeit. Anfangs pflanzen sie sich durch Schwärmsporen fort, die auf sehr verschiedene Weise gebildet werden. Behufs Bildung der Oogonien schwellen die Enden der Zellschläuche kugelig an, und unterhalb der Anschwellung entsteht eine Scheidewand, welche die Kugel von dem übrigen Teile des Schlauches abtrennt (Figur 28), worauf sich dann das Protoplasma der Kugel zusammenzieht, um eine oder mehrere Eizellen zu formieren. Kurz nach Anlegung der Oogonien beginnen in der Nachbarschaft derselben aus dem Tragfaden Nebenäste als stumpfe Auswüchse hervorzutreten, die sich gegen je ein Oogonium hinkrümmen, ihm fest anschmiegen und, nachdem sie in dieser Verbindung noch ein Stück in die Länge gewachsen sind, keulenförmig anschwellen und sich durch eine Scheidewand zu Antheridien abgrenzen (Figur 28 AB). Nachdem die Eizellen fertig gebildet sind, also eine scharf umschriebene Hautschicht erhalten haben, treibt das Antheridium einen Befruchtungsschlauch quer durch die Wand in das Innere des Oogoniums (Figur 28 CD). Sobald ein Schlauch eintritt und nur ein Ei vorhanden ist, wächst er gerade auf dasselbe los und preßt sich ihm während kurzer Zeit aufs innigste an, bildet aber dann eine Aussackung, die wiederum zu einem Schlauche auswächst, welcher sich vom Ei abbiegt und sich noch ein Stück über dasselbe hinaus verlängert.*) Sind mehrere Eier vorhanden und es tritt nur ein Schlauch ein, so wächst dieser aufs erste Ei los und verhält sich wie in dem ebenbeschriebenen Falle. Die Aussackung wächst aber vom ersten Ei zum zweiten und von diesem wieder zu einem andern u. s. w. Bald nach der Anschmiegung des Befruchtungsschlauches, der sich aber nicht öffnet, also auch keinen Übertritt von Spermatozoiden beobachten läßt, umgiebt sich die Eizelle mit einer Zellhaut und wird dadurch zur Oospore (Figur 28 E). Hierbei ist aber zu bemerken, daß sich bei den Saprolegnieen in den Oogonien gar nicht selten Oosporen bilden, obgleich die Antheridienbildung unterblieb und eine Befruchtung nicht vorherging. Es tritt also häufig Parthenogenesis ein. Bei den Peronosporeen ist der Befruchtungsvorgang ganz ähnlich; aber die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt hier nicht durch Schwärmsporen, sondern durch Konidien, die an den Enden verzweigter Tragfäden gebildet werden, welche einzeln oder zu wenigen durch die Spaltöffnungen (Peronospora) oder in Massen durch die zerrissene Epidermis (Cystopus) hervortreten. Die Konidien treiben entweder sofort einen Keimschlauch, oder sie bilden erst Schwärmsporen und diese erst treiben wieder Keimschläuche, welche sich durch die Oberhaut in das saftige Parenchym der betreffenden Nährpflanzen einbohren.

---

*) Die Abbildung Figur 28 D ist insofern nicht ganz richtig, als sie den Befruchtungsschlauch in das Ei selbst eindringen läßt.

Noch verwickelter sind die geschlechtlichen Verhältnisse bei den Lagerpflanzen, deren sporenerzeugende Zellen Zellenkomplexe bilden, die in der Regel noch von einem besondern Gehäuse — der Sporenfrucht (Sporocarpium) — umgeben werden. Dabei tritt hier ausnahmslos die Erscheinung ein, daß nicht die mit den Spermatozoiden direkt in Berührung kommenden Zellen sich zu Sporen entwickeln, sondern daß von den betreffenden Organen die Befruchtungswirkung auf andere, oft weit entfernte Zellen fortgepflanzt wird und in diesen letztern erst die Sporen entstehen.

Die Sporenfrüchte, die sehr verschieden gestaltet sein können, gehen in der Regel aus einem vielzelligen Körper, dem Karpogon, hervor, dessen einzelne Zellen für die Weiterentwickelung von sehr verschiedenem Werte sind. Während durch den obern Teil die Aufnahme des Befruchtungsstoffes erfolgt, bringt der untere den sporenerzeugenden Apparat selbst hervor.

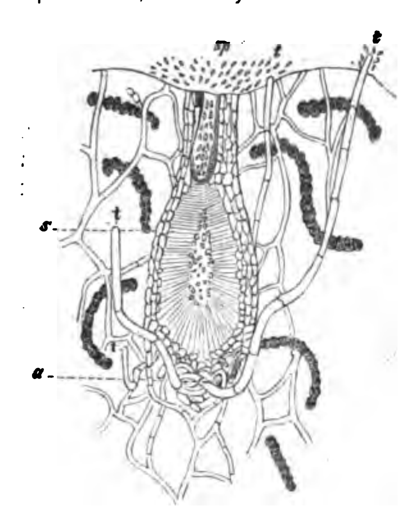
Bei den Blütentangen oder Florideen ist der aufnehmende oder empfangende Teil in einen haarförmigen Fortsatz ausgezogen, das Trichogyn Figur 136c. Die Befruchtung erfolgt dadurch, daß die männlichen Organe, die hier kleine, kugelige, bewegungslose Körperchen (Spermatozoiden) darstellen, seiner Spitze anhaften und mit derselben kopulieren. Infolge der Kopulation entsteht aus dem untern Teile des Karpogons (demjenigen Teile, dem das Trichogyn aufsitzt) die Sporenfrucht. Die befruchtenden Körperchen bilden sich auf Nachbarzweigen derselben Pflanze oder auch auf andern Individuen in Antheridien. Neben den geschlechtlich erzeugten Sporen treten an den Blütentangen auch ungeschlechtliche oder neutrale Sporen auf, die meist zu vier in einer Mutterzelle entstehen und deshalb Tetrasporen genannt werden.



Figur 136. Fortpflanzungsorgane des vielteiligen Meerfadens (Nemalion multifidum): a Antheridien, Spermatozoiden entleerend, b Spermatozoiden, dem Trichogyn c ansitzend.

Sehr viel Ähnliches mit der Floridеenfrucht hat (wie Stahl in seinen Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte der Flechten zeigte) bez. ihrer Entstehung auch die Flechtenfrucht. Nachdem im Lager der Flechten sich schon längst kleine krugförmige Behälter, sogenannte Spermogonien (Figur 137s), gebildet haben, in deren Innerem an parallelstehenden, zarten, fadenförmigen Zellen kleine stabförmige Zellen abgegliedert worden sind, entstehen an andern Stellen die ersten Fruchtanlagen (Karpogonien). Sie gehen als seitliche Zweige aus den fadenförmigen Zellen (Hyphen) hervor, die das Flechtenlager zusammensetzen. Anfänglich stellen sie einen kurzen Hyphenast dar, der aber in einen langen Faden auswächst, welcher durch wiederholt auftretende Scheidewände vielzellig wird. An der Stelle, wo er entsteht, läßt er zunächst einige Schraubenwindungen beobachten, steigt aber dann nach der Oberfläche des Lagers an, ja tritt mit seiner Spitze etwas über die Oberfläche desselben hervor. Der schraubenförmige Teil, der die sporenerzeugenden Schläuche hervorbringt, heißt hier Askogon (Figur 137a), der

zur Oberfläche des Lagers aufsteigende fadenförmige ebenfalls Trichogyn (Figur 137 t). An der flaschenförmigen Endzelle des letzteren haften die vorhin erwähnten Spermatien, die nichts Anderes als Spermatozoiden sind (ihr Behälter, das Spermogonium, hat die Bedeutung eines Antheridium), um mit derselben zu kopulieren. Die dadurch herbeigeführte befruchtende Wirkung reicht bis zum Askogon hinab und regt nicht nur dieses, sondern auch die umgebenden Hyphen zur Weiterentwickelung an. Es wird infolgedessen von den letzteren nicht bloß dicht umflochten, sondern dieselben schieben sich auch zwischen das Askogon selbst ein, die Windungen desselben auseinander drängend. Zugleich bildet sich auch dieses weiter aus, seine Zellen werden größer, teilen sich weiter durch Querwände und entwickeln endlich die senkrechtstehenden schlauchartigen Zellen, in denen die Sporen gebildet werden. Zwischen den Sporenschläuchen finden sich stets noch ebenfalls senkrecht gestellte, fadenförmige Zellen, die Paraphysen. Dieselben entstammen den das Askogon umgebenden Hyphen. Somit ist bei den Flechten die Schicht der Sporenschläuche das geschlechtlich entstandene Produkt, während die Hülle dieser Schicht und die Paraphysen von den benachbarten Hyphen gebildet werden, die aber ihre Anregung dazu ebenfalls durch den Befruchtungsakt erhielten. Ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt bei den Flechten durch Soredien, krümliche Teile, die sich vom Flechtenlager ablösen und neue Lager zu bilden imstande sind.

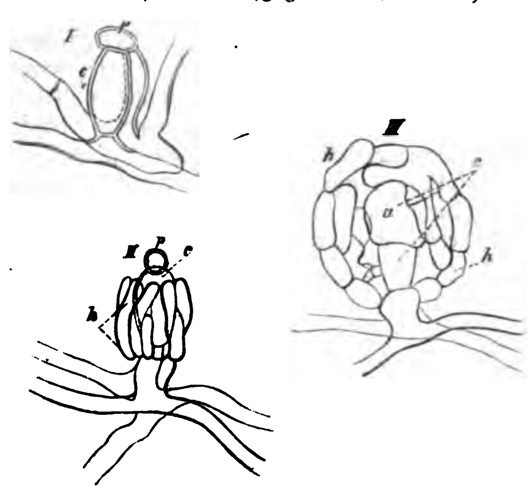


Figur 137. Durchschnitt durch das Lager von Physma compactum, einer Gallertflechte: s Spermogonium, a die schraubenförmigen Teile (Ascogone) verschiedener Fruchtanlagen, t Trichogyne; zwei davon haben die Oberfläche des Lagers durchbrochen und sind mit Spermatien sp bedeckt. (n. Stahl.)

Eine ganz ähnliche Bildung wie die Früchte der Flechten zeigen auch die auf geschlechtlichem Wege entstandenen Früchte der Schlauchpilze (Askomyceten). Wie jene bestehen sie aus einem sitzenden oder gestielten, nach oben schüsselförmig offenen oder ringsum geschlossenen kugeligen oder eiförmigen Gehäuse, dessen Inneres von Sporenschläuchen oder von Sporenschläuchen mit Paraphysen erfüllt wird. Diese Früchte verdanken ihre Entstehung dem geschlechtlichen Zusammenwirken zweier eigentümlich gestalteten Äste des Pilzgewebes (Mycelium), von denen der eine als Karpogon auftritt, der andere die Rolle des männlichen Organes (Antheridium) spielt, aber gewöhnlich als Pollinodium bezeichnet wird.

Bei den Mehltaupilzen (Erysiphe), die sich im Frühsommer durch sogenannte Konidien fortpflanzen (d. i. ungeschlechtliche Zellen, die kettenförmig an senkrecht aufstrebenden Hyphen entstehen), entspringen Karpogon und Pollinodium an den Kreuzungsstellen zweier Mycelfäden als kurze seitliche Äste. Der untere, welcher sich zum Karpogon umbildet, schwillt eiförmig an und grenzt sich durch eine Scheidewand von seinem Tragfaden

ab; der das Pollinodium hervorbringende dagegen wächst, dem Karpogon dicht angelegt, an diesem empor, wölbt sich über seinen Scheitel hinweg und zerfällt durch das Auftreten einer Scheidewand in der Scheitelgegend in eine lange und eine kürzere Zelle, von denen die erstere die Stielzelle, die letztere jedenfalls das eigentliche Antheridium darstellt, wenn nicht beide, Stiel- und Endzelle zusammen, diese Rolle spielen. Die Befruchtung besteht nur in einer einfachen Berührung, nicht in einer Kopulation (Figur 138). Nach der Befruchtung bildet sich zuerst die Hülle des Karpogons, und zwar dadurch, daß unterhalb der Scheidewand an dem Grunde des Karpogons, aber auch aus dem Pollinodium Fäden hervorwachsen, die sich nicht bloß über dem Karpogon zusammenwölben, sondern sich auch seitlich dicht aneinanderschließen. Da die Fäden nachträglich mehrzellig werden, bilden sie ein sogenanntes Pseudoparenchym (Siehe S. 41). Von den Pilzfäden der Rindenschicht dringen schließlich auch Zweige in das Innere der Hülle vor, den Innenraum teilweise mit erfüllend, da bis jetzt das Karpogon noch so gut wie keinen Fortschritt in seiner Entwickelung gemacht hat. Endlich wächst auch das Askogon weiter. Bei der mit einem Sporenschlauch versehenen Abteilung der Mehltaupilze, welche wir unter dem Gattungsnamen Sphaerotheca (Kugelbüchse — wegen der kugeligen Form der Sporenfrucht) zusammenfassen, teilt sich das noch einzellige Karpogon durch eine Querwand in eine obere und untere Zelle (Figur 138 III c), von denen die letztere unmittelbar zum Ascus oder Sporenschlauch wird, in dem durch freie Zellbildung acht Sporen entstehen. Auch bei den Mehltaupilzen, wo die Früchte mehrere Schläuche enthalten, ist das Askogon ursprünglich einzellig; es wächst aber nach der Befruchtung in einen mehrzelligen Faden aus, an dessen seitlichen Zweigen die Sporenschläuche entstehen.

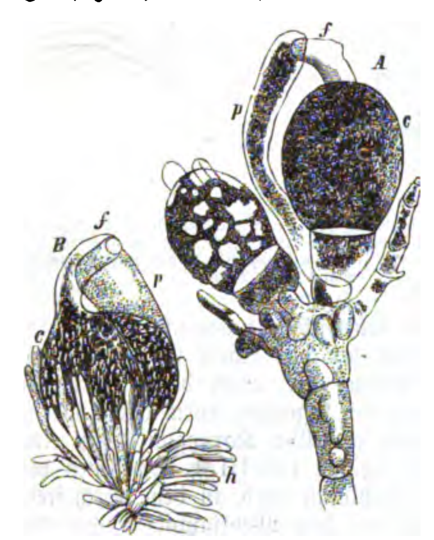


Figur 138. Befruchtung von einem Mehltaupilz: I. Karpogon c und Pollinodium p vor der Befruchtung, II. dieselben nach der Befruchtung, III. junge Frucht, h Fruchthülle, a der einzige Sporenschlauch (n. d. Bary).

Bei Eurotium, der geschlechtlich erzeugten Frucht unseres gemeinen blau-grünen Kolbenschimmels (Aspergillus glaucus) ist das Karpogon schon vor der Befruchtung stark in die Länge gezogen, aber nicht senkrecht, sondern korkzieherartig gewunden und durch zarte Querwände in soviel Gliederzellen geteilt, als Windungen vorhanden sind. Das Pollinodium geht aus der untersten Schraubenwindung als seitlicher Faden hervor, der an dem Askogon hinaufwächst und an der Spitze sich ihm nicht bloß eng anlegt, sondern mit ihm wirklich kopuliert, d. h. nach Auflösung der trennenden Scheidewand sein Protoplasma mit dem der Scheitelzelle mischt. Mit dem Polli-

nodium gehen aber aus den beiden untersten Schraubenwindungen noch zahlreiche andere seitliche Zweige hervor, die ebenfalls am Askogon emporwachsen, sich aber über demselben zusammenwölben, um in ähnlicher Weise wie bei den Mehltaupilzen eine Hülle oder ein Gehäuse für die Sporenschläuche zu bilden, die infolge der Befruchtung des Askogons aus demselben entstehen.

Mehr oder weniger ähnlich den eben beschriebenen mögen auch die geschlechtliche Entwickelung, sowie die Befruchtungsvorgänge bei den Kern- und Scheibenpilzen (Pyrenomycetes und Discomycetes) sein, wenn auch in den weitaus meisten Fällen die betreffenden Organe noch nicht erkannt und der Vorgang noch nicht beobachtet wurde. Ich will hier nur die geschlechtliche Befruchtung eines Scheibenpilzes, nämlich des auf verlassenen Kohlenmeilern und fetter Gartenerde häufig vorkommenden und durch seine zusammenfließenden orange-roten Becher ausgezeichneten Nabel-Becherpilzes (Peziza omphalodes) vorführen (Figur 139). Von dem Pilzgewebe (Mycelium), das auf der Erde hinkriecht, erheben sich aufrechte Zweige, deren Endglieder zu eiförmigen Blasen anschwellen, auf denen sich ein gekrümmter Fortsatz erhebt. Diese Blasen bilden das Karpogon. Aus einer unterhalb desselben gelegenen Zelle wächst ein keulenförmiger Zweig, das Pollinodium, hervor, das sich am Ende mit dem Askogonfortsatze verbindet. Nunmehr sprossen aus dem Stammfaden, der beiderlei Organe trägt, zahlreiche dünne Hyphen hervor, die die Geschlechtsorgane umwachsen und einen becherförmigen Fruchtkörper bilden (Figur 139 B), während aus dem Askogon ebenfalls die Sporenschläuche ihren Ursprung nehmen.



Figur 139. Fortpflanzungsorgane vom Nabel-Becherpilz (Peziza omphalodes): c Karpogon mit dem Fortsatze f, p Pollinodium, h Hyphenbildung, durch welche der Fruchtkörper entsteht (n. S.). A vor, B nach der Befruchtung.

Auch bei den Kern- und Scheibenpilzen geht neben der geschlechtlichen eine reichliche ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Bildung von kleinen und großen Vermehrungszellen (Conidien) der verschiedenartigsten Formen von statten.

An andern Pilzen, wie an den Uredineen oder Rostpilzen, ferner an den Blätter-, Röhren-, Stachelpilzen &c. (Basidiomyceten) sind geschlechtliche Vorgänge noch nicht bekannt geworden, obwohl bei ihnen verschiedene Fortpflanzungsorgane gebildet werden, deren Erscheinen regelmäßig abwechselt, also einen Generationswechsel erkennen läßt, wie z. B. bei den Rostpilzen das Auftreten von Stylosporen und Aecidiumfrüchten neben den Teleutosporen.

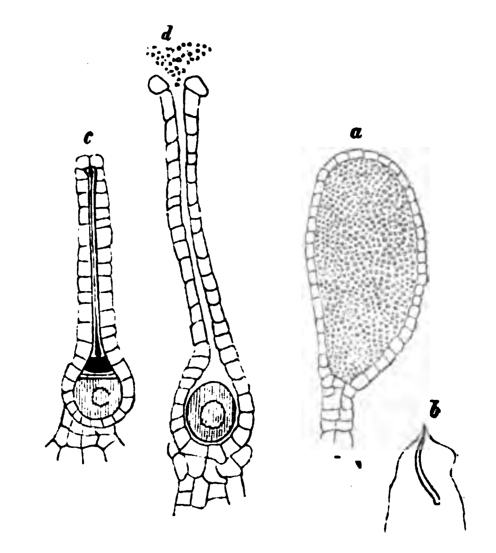
Die geschlechtliche Fortpflanzung bei den beblätterten Sporenpflanzen.

Auf einer höhern Stufe bezüglich der geschlechtlichen Fortpflanzung stehen unzweifelhaft die zierlichen und wenig umfänglichen Gewächse, die wir

als Moose (Tafel V und VI) bezeichnen und welche entweder laubartige Gebilde oder den höheren Pflanzen ähnliche beblätterte, oft sogar mannigfach verzweigte Stengel darstellen. Bei ihnen führen die **männlichen Geschlechtsorgane** ebenfalls den Namen **Antheridien**, während die weiblichen **Archegonien** genannt werden.

In der Regel sind die ersteren kugelige oder eiförmige Behälter, in deren Innerem durch wiederholte Teilungen die Zellen entstehen, welche die Spermatozoiden erzeugen. Bei den laubartigen Moosen, der niederen Abteilung der sogenannten Lebermoose, entstehen die Antheridien meist aus warzenförmig über die Oberfläche des Laubkörpers hervorragenden Zellen, die nachträglich von dem umliegenden Gewebe überwallt werden, wobei aber ein enger Kanal frei bleibt, durch den später die Spermatozoiden austreten; nur selten werden sie tiefer im Innern des Gewebes angelegt. Die Spermatozoiden erlangen nach ihrer Reife die Freiheit durch Zerreißung des überliegenden Gewebes. Bei den beblätterten Lebermoosen sitzen die Antheridien in den Blattachseln, bei den Laubmoosen aber an den verschiedensten Orten. In beiden Fällen sind sie von verschiedenartigster Abstammung: bald entstehen sie wie Haargebilde aus einer oberflächlichen Zelle, bald aus einer Sproß-, bald aus einer Blattanlage. Bei dem vielgestaltigen Leberkraut (Marchantia polymorpha), das an feuchten Orten (an Mauern, Quellen, Bächen, Felsen) oft große Strecken rasenartig bedeckt, finden sich die Antheridien (Figur 140a) auf eigentümlich gestalteten Trägern, die senkrecht aus dem flachen Laubkörper aufsteigen, und zwar sind sie hier einer ausgezackten Scheibe eingesenkt, in welche sich jener Träger an seinem oberen Ende erweitert hat.

Die Archegonien (Figur 140c) oder weiblichen Fortpflanzungsorgane entstehen bei den Moosen aus oberflächlichen Zellen, obwohl sie später ebenfalls ganz oder teilweise eingesenkt erscheinen können. Im ausgebildeten Zustande zeigen sie Flaschenform und lassen einen untern, etwas angeschwollenen Bauchteil, der die Eizelle einschließt, und einen obern, in die Länge gestreckten Halsteil unterscheiden. Der letztere besteht aus einer vielzelligen Wandung und einer Reihe von Kanalzellen, deren Wände schließlich verschleimen. Der Bauchteil zeigt ebenfalls eine vielzellige, ein- oder mehrschichtige Wandung und, von dieser umschlossen, die große Eizelle, der nach vorn noch eine kleinere Zelle, die Bauchkanalzelle, an-



Figur 140. Fortpflanzungsorgane der vielgestaltigen **Marchantia**: a Antheridium, b ein einzelnes Spermatozoid, c Längsschnitt durch ein jüngeres Archegonium mit geschlossenem Halse, d älteres Archegonium, Hals geöffnet, zur Aufnahme der Spermatozoiden bereit.

nodium gehen aber aus den beiden untersten Schraubenwindungen noch zahlreiche andere seitliche Zweige hervor, die ebenfalls am Askogon emporwachsen, sich aber über demselben zusammenwölben, um in ähnlicher Weise wie bei den Mehltaupilzen eine Hülle oder ein Gehäuse für die Sporenschläuche zu bilden, die infolge der Befruchtung des Askogons aus demselben entstehen.

Mehr oder weniger ähnlich den eben beschriebenen mögen auch die geschlechtliche Entwickelung, sowie die Befruchtungsvorgänge bei den Kern- und Scheibenpilzen (Pyrenomycetes und Discomycetes) sein, wenn auch in den weitaus meisten Fällen die betreffenden Organe noch nicht erkannt und der Vorgang noch nicht beobachtet wurde. Ich will hier nur die geschlechtliche Befruchtung eines Scheibenpilzes, nämlich des auf verlassenen Kohlenmeilern und fetter Gartenerde häufig vorkommenden und durch seine zusammenfließenden orange-roten Becher ausgezeichneten Nabel-Becherpilzes (Peziza omphalodes) vorführen (Figur 139). Von dem Pilzgewebe (Mycelium), das auf der Erde hinkriecht, erheben sich aufrechte Zweige, deren Endglieder zu eiförmigen Blasen anschwellen, auf denen sich ein gekrümmter Fortsatz erhebt. Diese Blasen bilden das Karpogon. Aus einer unterhalb desselben gelegenen Zelle wächst ein keulenförmiger Zweig, das Pollinodium, hervor, das sich am Ende mit dem Askogonfortsatze verbindet. Nunmehr sprossen aus dem Stammfaden, der beiderlei Organe trägt, zahlreiche dünne Hyphen hervor, die die Geschlechtsorgane umwachsen und einen becherförmigen Fruchtkörper bilden (Figur 139 B), während aus dem Askogon ebenfalls die Sporenschläuche ihren Ursprung nehmen.



Figur 139. Fortpflanzungsorgane vom Nabel-Becherpilz (Peziza omphalodes): c Karpogon mit dem Fortsatze f, p Pollinodium, h Hyphenbildung, durch welche der Fruchtkörper entsteht (n. S.). A vor, B nach der Befruchtung.

Auch bei den Kern- und Scheibenpilzen geht neben der geschlechtlichen eine reichliche ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Bildung von kleinen und großen Vermehrungszellen (Conidien) der verschiedenartigsten Formen von statten.

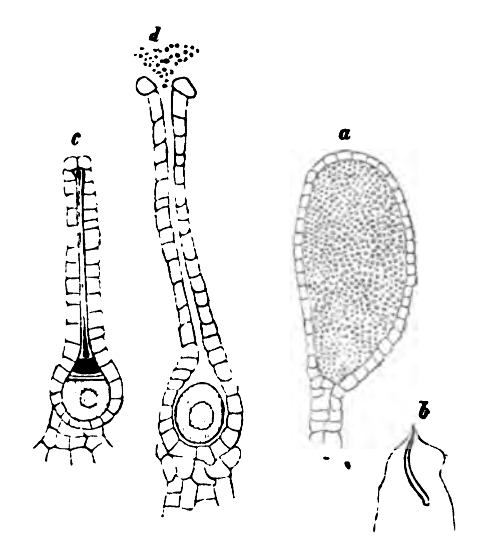
An andern Pilzen, wie an den Uredineen oder Rostpilzen, ferner an den Blätter-, Röhren-, Stachelpilzen 2c. (Basidiomyceten) sind geschlechtliche Vorgänge noch nicht bekannt geworden, obwohl bei ihnen verschiedene Fortpflanzungsorgane gebildet werden, deren Erscheinen regelmäßig abwechselt, also einen Generationswechsel erkennen läßt, wie z. B. bei den Rostpilzen das Auftreten von Stylosporen und Aecidiumfrüchten neben den Teleutosporen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung bei den beblätterten Sporenpflanzen.

Auf einer höhern Stufe bezüglich der geschlechtlichen Fortpflanzung stehen unzweifelhaft die zierlichen und wenig umfänglichen Gewächse, die wir

als Moose (Tafel V und VI) bezeichnen und welche entweder laubartige Gebilde oder den höheren Pflanzen ähnliche beblätterte, oft sogar mannigfach verzweigte Stengel darstellen. Bei ihnen führen die männlichen Geschlechtsorgane ebenfalls den Namen Antheridien, während die weiblichen Archegonien genannt werden.

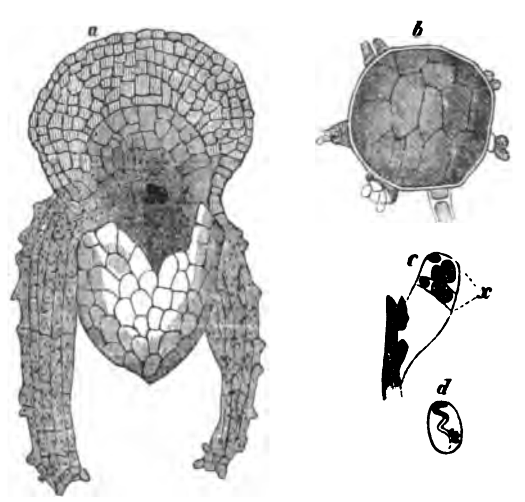
In der Regel sind die ersteren kugelige oder eiförmige Behälter, in deren Innerem durch wiederholte Teilungen die Zellen entstehen, welche die Spermatozoiden erzeugen. Bei den laubartigen Moosen, der niederen Abteilung der sogenannten Lebermoose, entstehen die Antheridien meist aus warzenförmig über die Oberfläche des Laubkörpers hervorragenden Zellen, die nachträglich von dem umliegenden Gewebe überwallt werden, wobei aber ein enger Kanal frei bleibt, durch den später die Spermatozoiden austreten; nur selten werden sie tiefer im Innern des Gewebes angelegt. Die Spermatozoiden erlangen nach ihrer Reife die Freiheit durch Zerreißung des überliegenden Gewebes. Bei den beblätterten Lebermoosen sitzen die Antheridien in den Blattachseln, bei den Laubmoosen aber an den verschiedensten Orten. In beiden Fällen sind sie von verschiedenartigster Abstammung: bald entstehen sie wie Haargebilde aus einer oberflächlichen Zelle, bald aus einer Sproß-, bald aus einer Blattanlage. Bei dem vielgestaltigen Leberkraut (Marchantia polymorpha), das an feuchten Orten (an Mauern, Quellen, Bächen, Felsen) oft große Strecken rasenartig bedeckt, finden sich die Antheridien (Figur 140a) auf eigentümlich gestalteten Trägern, die senkrecht aus dem flachen Laubkörper aufsteigen, und zwar sind sie hier einer ausgezackten Scheibe eingesenkt, in welche sich jener Träger an seinem oberen Ende erweitert hat.



Figur 140. Fortpflanzungsorgane der vielgestaltigen Marchantia: a Antheridium, b ein einzelnes Spermatozoid, c Längsschnitt durch ein jüngeres Archegonium mit geschlossenem Halse, d älteres Archegonium, Hals geöffnet, zur Aufnahme der Spermatozoiden bereit.

Die Archegonien (Figur 140c) oder weiblichen Fortpflanzungsorgane entstehen bei den Moosen aus oberflächlichen Zellen, obwohl sie später ebenfalls ganz oder teilweise eingesenkt erscheinen können. Im ausgebildeten Zustande zeigen sie Flaschenform und lassen einen untern, etwas angeschwollenen Bauchteil, der die Eizelle einschließt, und einen obern, in die Länge gestreckten Halsteil unterscheiden. Der letztere besteht aus einer vielzelligen Wandung und einer Reihe von Kanalzellen, deren Wände schließlich verschleimen. Der Bauchteil zeigt ebenfalls eine vielzellige, ein- oder mehrschichtige Wandung und, von dieser umschlossen, die große Eizelle, der nach vorn noch eine kleinere Zelle, die Bauchkanalzelle, an-

die einer schleimigen Masse eingebettet sind. Die Keimung beider Sporen geht in verschiedener Weise vor sich. Bei der Makrospore sammelt sich das Protoplasma im vordern Teile der Spore als halbmondförmiger Wandbelag an und umkleidet sich mit einer Zellhaut. Infolgedessen tritt eine lebhafte Zellteilung ein, wodurch der Anfang eines Prothalliums gebildet wird. Schließlich sprengt das neue Gewebe die Sporenhaut und wächst unter fortwährender Zellvermehrung aus der Rißstelle hervor, dabei lebhaft ergrünend (Figur 141 a). Auf dem blattartigen Gebilde entstehen nun zahlreiche, in mehrere Reihen angeordnete Archegonien, die sich von denen der Farne wenig unterscheiden. Die Mikrosporen werden beim Beginn der Keimung noch vollständig von ihrem Sporengehäuse (Mikrosporangium) umschlossen (Figur 141 b), durchbohren aber mit ihrem Keimschlauche die Wand desselben, worauf sich die etwas gebogene Spitze durch eine Scheidewand abtrennt und unmittelbar zu dem Spermatozoiden bildenden Antheridium wird, indem die betreffende Zelle sich noch einmal teilt und jede der neuen Zellen durch Teilung des protoplasmatischen Inhalts vier Spermatozoiden-Mutterzellen (Figur 141 c) bildet, die durch Zerreißen der Antheridien frei werden. Jede derselben zeigt das korkzieherartig gewundene Spermatozoid von einer zarten Haut umhüllt.



Figur 141. Fortpflanzungsorgane von der schwimmenden Salvinie (Salvinia natans): a Makrospore, aus welcher ein Prothallium hervorgegangen ist, b Mikrosporangium mit durchbrechenden Mikrosporenschläuchen, c ein einzelner Mikrosporenschlauch, mit noch geschlossenem Antheridium a, d Spermatozoid.

Nach der Reife des Archegoniums sammeln sich die Spermatozoiden in großer Menge vor der trichterförmigen Öffnung des Kanals, der zur Eizelle führt, um schließlich zu derselben vorzudringen, worauf diese sich weiter entwickelt; während nach geschehener Befruchtung auch das Prothallium noch eine Weiterentwickelung erfährt, indem sich flügelartige Fortsätze bilden, die allem Anscheine nach so lange erhalten bleiben, bis sich später die junge Pflanze von der Makrospore trennt. Auch hier entsteht also aus der befruchteten Eizelle durch wiederholte Teilungen, deren Verlauf zu verfolgen uns zu weit führen würde, ein Embryo, der nach und nach, während das Prothallium vergeht, zur beblätterten perennierenden Pflanze heranwächst, die lange Zeit hindurch Makro- und Mikrosporangien auf ungeschlechtlichem Wege hervorbringt.

Auf höchster Stufe scheinen die Vorgänge der geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Selaginellen zu stehen, wo das Prothallium sich ebenfalls im vordern Teile der noch geschlossenen Makrospore entwickelt, während

gleichzeitig in dem übrigen Teile ein eigenartiges Gewebe (Endosperm genannt) entsteht, in das sich der aus der Eizelle durch Befruchtung hervorgehende Embryo eindrängt, um bei seiner Weiterentwickelung davon zu leben, ähnlich wie bei den Samenpflanzen der Embryo in den ersten Entwickelungszuständen sich auch oft von einem im Samen eingeschlossenen Endosperm ernährt.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Samenpflanzen.

Bei der höhern Abteilung der Pflanzen, den Blüten- oder Samenpflanzen, kann die Vermehrung ebenfalls auf geschlechtlichem, aber auch auf rein vegetativem Wege erfolgen. Im letztern Falle wird sie durch Knospen oder knospentragende Stengel-, bez. Blattorgane vermittelt, die je nach ihrem Äußern und nach der Verschiedenartigkeit ihrer Bildung verschieden bezeichnet werden. Hierher gehören die in den Achseln der Niederblätter einer Mutterzwiebel gebildeten und der Mutterzwiebel ganz ähnlichen Seitenknospen der Brutzwiebeln. So sind z. B. die in der Küche vielfach verwendeten Perlzwiebeln nichts Anderes, als die erbsengroßen Brutzwiebeln von einer Varietät unserer Winterzwiebel.

Andre, die sogenannten Knospenknöllchen, bilden sich in den Achseln der grünen Blätter von der Feigwurz (Anemone ranunculoides), die sehr selten keimfähige Samen liefert und sich fast allein durch diese Knospenknöllchen vermehrt.

Eine Anzahl Liliengewächse bilden ferner über der Erde in den Achseln ihrer Stengelblätter, ja selbst in denen der Hochblätter (also im Blütenstande), Knospenzwiebeln oder Brutknospen. Ersteres beobachtet man bei der Feuerlilie (Lilium bulbiferum), letzteres bei manchen Lauch-arten, z. B. dem Weinbergslauch (Allium vineale), dem Schlangenlauch (A. Scorodoprasum), dem Gemüselauch (A. oleraceum) u. a. m. Brutknospen entwickeln sich zuweilen aber auch in den Blütenständen einiger anderen Pflanzen, z. B. in denen des knollentragenden Knöterichs (Polygonum viviparum), so wie in denen mancher Gräser. Sie erscheinen hier aber nicht neben, sondern an Stelle der Blüten und beginnen ihre Entwickelung zur selbständigen Pflanze nicht selten schon dann, wenn sie mit der Mutterpflanze noch im Verbande stehen. Man nennt Pflanzen, welche regelmäßig an Stelle der Blüten Brutknospen erzeugen (die später abfallen und sich zu jungen Pflanzen entwickeln) lebendig gebärende Pflanzen (Plantae viviparae); die Erscheinung aber, daß die geschlechtliche Zeugung durch eine ungeschlechtliche Vermehrungsweise ersetzt wird, bezeichnet man als Apogamie.

Wiederum andere, den verschiedensten Familien angehörige Pflanzen entwickeln behufs ihrer Vermehrung unter der Erde mannigfach gestaltete, dicke, fleischige Stengelglieder mit einer oder mehreren Knospen, die in Grübchen an der Oberfläche liegen — die Knollen. Dergleichen finden wir an der Kartoffel (Solanum tuberosum), dem Topinambur (Helianthus tuberosus), der Georgine (Dahlia variabilis) ꝛc. Da die Knollen sehr oft mehrere Knospen tragen, können sie vor dem Einlegen in die Erde zum Zwecke der Vermehrung der betreffenden Pflanzen in soviel Stücke geschnitten werden, als Knospen vorhanden sind.

Unter günstigen Umständen entstehen auch an den Wurzelblättern mancher Pflanzen Adventivknospen, aus denen neue Pflanzen hervor-

gehen. Von unsern einheimischen Pflanzen zeigt dies zuweilen das Wiesenschaumkraut (Cardamine pratensis). Häufiger trifft man aber noch diese Erscheinung bei den Gewächshauspflanzen an, und bei einzelnen wird sie vorzugsweise vom Gärtner zur Vermehrung benutzt, wie z. B. bei den verschiedenen Arten vom Schiefblatt (Begonia).

Endlich kann aber auch eine ungeschlechtliche Fortpflanzung und eine dadurch bedingte Vermehrung der Pflanzen durch Ausläufer erfolgen. Es sind dies aus dem Rhizom hervorgehende, wagerecht auf dem Boden hinwachsende, bei jeder Blattbildung oder auch nur am Ende wurzelnde und mit Knospen besetzte Sprosse, wie sie z. B. die Walderdbeere (Fragaria vesca), der Günsel (Ajuga reptans), der kriechende Hahnenfuß (Ranunculus repens) zeigen. Selbst die Rhizome, die sich unter der Bodenoberfläche, ähnlich den Ausläufern über derselben, nach allen Richtungen hin verbreiten, können durch eine Zerteilung, der sie unterliegen, zur Vermehrung der Pflanze beitragen. So giebt jedes Stück Rhizom der lästigen Quecke (Triticum repens), das bei der Bodenbearbeitung von dem Mutterrhizom abgeschnitten, aber nicht aus dem Boden entfernt wird, Anlaß zur Entstehung einer neuen selbständigen Pflanze.

Sehr gern verwendet der Gärtner solche knospentragende Pflanzenteile zur Vermehrung derjenigen Pflanzen, die in seinen Kulturen selten keimfähige Samen tragen oder die sich aus dem Samen nur langsam bis zur brauchbaren Größe entwickeln. Kommt er doch in vielen Fällen durch Benutzung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung viel schneller und sicherer zum Ziele, als durch Aussaat von Samen, um so mehr, als aus den Knospen sich eine Pflanze entwickelt, die die Eigenschaften der Mutterpflanze viel bestimmter zum Ausdruck bringt, als die aus Samen hervorgehende. Sehr oft wendet er deshalb noch folgende künstliche Vermehrungsarten an:

Er macht Ableger oder Absenker, indem er ganze Zweige von einer Pflanze in den Boden hineinbiegt und sie so lange darin beläßt, bis sie Wurzeln geschlagen haben, worauf er sie von der Stammpflanze ablöst, um sie als selbständige Pflanze weiter wachsen zu lassen.

Oder er macht Stecklinge, indem er eine Anzahl mit unentwickelten Knospen besetzter Zweige von einer Stammpflanze abschneidet, dieselben mit dem untern Ende in das Vermehrungsbeet steckt und sich darin bewurzeln läßt, worauf sie als selbständige Pflanzen sich weiter entwickeln.

Oder aber er setzt auch von einer Pflanze einzelne Augen oder mit Augen versehene Zweige andern Pflanzen (sogenannten Wildlingen) auf bez. ein, wonach dieselben bei sorgfältiger Verbindung mit der Unterlage verwachsen, um in den neuen Trieben die Eigenschaften der Mutterpflanze, von der das Auge oder Edelreis genommen wurde, hervorzurufen. Man bezeichnet diese letzteren Vornahmen bez. als Okulieren, Kopulieren, Pfropfen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Samenpflanzen (Blütenpflanzen).

Vorläufiges.

Während bei den Sporenpflanzen die geschlechtlichen Organe meist hinter einfachen Deckblättern verborgen sind, die selten besonders ins Auge

fallen, werden sie bei den Samenpflanzen von mehr oder weniger bunten Hüllen umschlossen; sie finden sich hier in sogenannten Blüten.

Fassen wir allein den Zweck der Blüte ins Auge, so erscheinen die betreffenden Hüllen als etwas Unwesentliches. Können sie doch vollständig fehlen, ohne daß die Blüte aufhört, Blüte zu sein. Wir dürfen aber trotzdem nicht glauben, daß sie — weil ein unwesentlicher Teil — auch etwas Überflüssiges sind. Im Gegenteil liegen ihnen fürs Pflanzenleben gar wichtige Verrichtungen ob.

Zunächst müssen sie den Bildungsherden der geschlechtlichen Zellen, also den Staubgefäßen und Pistillen den notwendigen Schutz gegen äußere Störungen gewähren, dann haben sie die wichtige Aufgabe, den aus den Staubbeuteln entleerten, nicht stäubenden Blütenstaub vor Anfeuchtung durch Tau und Regen, vor Verwehung durch Winde, vor Abtragung durch unberufene Gäste (solche Insekten, die keine Bestäubung vermitteln), vor Vertilgung durch gewisse Feinde zu bewahren. Ferner sollen sie mittelst des Nektars, den sie ausscheiden, mittelst des süßen Duftes, der ihnen entströmt, mittelst der ihnen eigenen lebhaften Farben, welche die Blüten scharf aus der grünen Belaubung hervortreten lassen, diejenigen Insekten anlocken, welche imstande sind, das Bestäubungsgeschäft u. s. w. zu besorgen. Gleichzeitig nehmen sie aber auch den Nektar selbst unter ihre Hut und sichern ihn gegen nachteilige Witterungseinflüsse und gegen Ausbeutung von seiten solcher Insekten, deren Blütenbesuch für die Bestäubung unnütz ist. In vielen Fällen vermitteln sie endlich sogar Selbstbestäubung, nämlich dann, wenn Bestäubung mit dem Blütenstaub andrer Blüten nicht zustande kam, oder bilden, wenn auch gewöhnlich unter veränderter Gestalt, ein Schutzdach für die sich unter ihnen entwickelnden jungen Früchte, oder beteiligen sich nach ihrer Reife in verschiedener Weise an der Verbreitung derselben.

Es lassen sich zu allen diesen Verrichtungen Beispiele anführen. Doch würde uns dies an dieser Stelle zu weit führen. Hier finde nur ein Beispiel zu einer der zuletzt angegebenen Verrichtungen der Blütenhüllen Platz.*) „Bei den Arten von Pedicularis (Läusekraut), deren obere Kronenblätter ein schnabelförmiges Röhrchen darstellen, gelangt am Ende der Verstäubung der staubförmige Blütenstaub in dieses Röhrchen und kollert dann infolge einer zu dieser Zeit stattfindenden Winkelbewegung der Krone durch das Röhrchen nach abwärts bis zu der Narbe, welche dicht vor der Mündung des Röhrchens steht. Es erfolgt dadurch Selbstbefruchtung; aber der Mechanismus wirkt nur dann erfolgreich, wenn die erwähnte Winkelbewegung der Krone eine bestimmte Größe erreicht, was wieder nur möglich ist, wenn die Krone während ihrer Entwickelung während der Verstäubung nicht verletzt und gestört wird.“ Ist ein Insektenbesuch, durch welchen also fremder Blütenstaub auf die Narbe übertragen worden ist, vorhergegangen, so bleibt der betreffende Vorgang aus.

Von den Hüllen werden die wesentlichen Blütenteile eingeschlossen und zwar das Androeceum, die Gesamtheit der männlichen Geschlechtsorgane oder Staubgefäße und das Gynaeceum, die Gesamtheit der weiblichen Geschlechtsorgane oder Pistille.

---

*) Kerner: Die Schutzmittel der Blüten gegen unberufene Gäste.

In den Antheren der erstern finden sich die männlichen Geschlechtszellen, die Pollenkörner, in den Fruchtknoten oder Ovarien die Eichen oder Samenknospen, durch deren Zusammenwirken innerhalb des Fruchtknotens der Same entsteht, während dabei der Fruchtknoten selbst zur Frucht wird.

Die Bestäubung.

Dem Zusammenwirken von Pollen und Samenknospe, der eigentlichen Befruchtung, muß die Bestäubung, d. h. die Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe vorausgehen.

Man sollte nun meinen, es müßten die Narben einer Blüte in der Regel und am erfolgreichsten (also mit nachfolgender Befruchtung) stets durch den Pollen derselben Blüte bestäubt werden. Es ließe sich ja sonst kaum ein Grund für das so enge Zusammenvorkommen beider finden.

Davon lehrt nun aber die Erfahrung gerade das Gegenteil. Eine Menge in Beziehung hierauf angestellter Beobachtungen haben ergeben, daß Sebstbestäubung, d. h. also Bestäubung einer Blüte durch den in derselben Blüte gebildeten Pollen, gar nicht selten einen sehr geringen oder auch gar keinen Erfolg hat, während Fremdbestäubung, also Bestäubung der Narbe einer Blüte mit dem in einer andern Blüte derselben Art gebildeten Pollen, in der Regel eine reichliche Samenbildung hervorruft; daß ferner aber auch bei Selbstbestäubung (mit nachfolgender Selbstbefruchtung) den wenigen Samen, entgegen den durch Fremdbestäubung erzeugten zahlreichen, ein niederes Maß von Lebenskraft innewohnt.

Prof. Hildebrand, der nach dieser Richtung hin die verschiedensten Versuche anstellte, fand beispielsweise, daß sich in den Blüten vom hohlen Lerchensporn (Corydalis cava), bei denen die geöffneten Antheren der Narbe eng anliegen, doch niemals eine Frucht bildete, sobald er verhütete, daß durch irgend welche Vermittelung, beispielsweise durch Insekten, fremder Pollen in die betreffenden Blüten übertragen wurde. Und hier war nicht etwa der Umstand an der Fruchtlosigkeit schuld, daß vielleicht der Pollen nicht an die empfängliche Stelle gekommen wäre; denn selbst die Blüten, deren Narben rings mit dem Pollen der umgebenden Staubgefäße betupft wurden, setzten keine Frucht an. Zu einer vollkommenen Fruchtbildung kamen die Blüten nur dann, wenn der Pollen von der Blüte der einen Pflanze auf die Narben der Blüten einer andern übertragen wurde. Selbst wenn die Blüten einer und derselben Traube miteinander gekreuzt wurden, war der Erfolg kein befriedigender, da nur wenig und zumeist unvollkommene Samen entstanden. 63 Blüten, die auf verschiedenen Pflanzen standen, gaben, mit dem Pollen von andern Pflanzen derselben Spezies bestäubt, 58 Samenkapseln, die im Mittel 4,5 Samen umschlossen. 16 Blüten derselben Blütenähre, eine Blüte mit dem Pollen einer benachbarten bestäubt, gaben nur drei Kapseln, von denen wiederum nur eine zwei gute Samen enthielt; 27 Blüten, jede mit dem eigenen Pollen belegt, ferner 57 Blüten einer spontanen Befruchtung überlassen, brachten nicht *eine* Samenkapsel hervor.

Das Gleiche scheint beim wirtelblütigen Himmelschlüssel (Primula verticillata) u. a. stattzufinden. Ziemlich nutzlos ist die Selbstbestäubung

wahrscheinlich auch bei den Orangen, trotzdem bei ihnen die Staubgefäße so gestellt sind, daß der Pollen auf die Narbe fallen muß, denn obwohl sie in unseren Gewächshäusern oder Zimmern immer reichlich Früchte ansetzen und diese sich auch scheinbar gut ausbilden, so enthalten dieselben doch fast nie keimfähige Samen, da dieselben entweder verkümmert oder bei normaler Größe keimlos sind.

Die geringere Vegetationskraft durch Selbstbestäubung gezogener Samen gegenüber solchen durch Kreuzung der Blüten verschiedener Individuen einer und derselben Art gewonnenen zeigen einige Experimente Darwins recht deutlich.

„Sechs gekreuzte und sechs selbst befruchtete (an in einem und demselben Gefäß stehenden Pflanzen gezogene) Samen von der purpurroten Trichterwinde (Ipomoea purpurea) wurden, sobald sie gekeimt hatten, paarweise auf die entgegengesetzten Seiten zweier Töpfe gepflanzt, und es wurden ihnen zum Daranwinden Stäbe von gleicher Dicke gegeben. Fünf der gekreuzten Pflanzen wuchsen von Anfang an schneller, als die gegenüberstehenden selbstbefruchteten. Die sechste war indes schwächlich und unterlag eine Zeit lang. Endlich aber bekam die gesündere Konstitution die Oberhand, und sie überwuchs ebenfalls ihren Antagonisten. Sobald jede der gekreuzten Pflanzen die Spitze ihres sieben Fuß langen Stabes erreicht hatte, wurde ihr Widerpart gemessen, und das Resultat war, daß, wenn die gekreuzten Pflanzen sieben Fuß hoch waren, die selbstbefruchteten nur die mittlere Höhe von fünf Fuß vier und einem halben Zoll erreicht hatten. Auch blüten die gekreuzten Pflanzen etwas eher und viel reichlicher, als die selbstbefruchteten."

Erwähnenswert sind noch die ebenfalls von Darwin mitgeteilten Beobachtungen, welche Fritz Müller in Brasilien machte. Nach denselben wirken bei verschiedenen Orchideen die Pollenmassen und die Narbenflächen einer und derselben Pflanze sogar giftig aufeinander ein. Er fand nämlich, daß, wenn man auf die Narbe von dem gebogenen Höckerstendel (Oncidium flexuosum) den eigenen Pollen bringt, derselbe stets braun und unfruchtbar wird und zerfällt, während gleichzeitig an der Narbe ähnliche Erscheinungen auftreten, daß dagegen, wenn man den eigenen Pollen der Pflanze gleichzeitig mit dem Pollen einer andern Pflanze derselben Art nebeneinander auf die Narbe überträgt, der letztere frisch bleibt und Schläuche treibt, während der erstere desorganisiert wird. Ähnliches beobachtete er an der Schwielenorchis (Notylia). Zahlreiche Blüten einer Spezies von dieser Orchideengattung wurden mit dem Pollen derselben Blütenähre bestäubt. In zwei Tagen waren alle verwelkt, die Keime begannen zu schrumpfen, der Pollen wurde braun und kein Korn keimte in einen Schlauch aus. Hier trat die schädliche Wirkung des Pollens der eigenen Blüte noch schneller zu Tage, wie beim Höckerstendel. Einige Blüten der Pflanze, die mit dem Blütenstaube einer andern Pflanze derselben oder auch einer andern Art befruchtet wurden, entwickelten sich dagegen weiter. Während ferner bei einem anderen Versuche viele Blüten derselben Pflanze, die mit dem eigenen Pollen versehen wurden, in wenig Tagen abgestorben zu Boden fielen, blieben sämtliche unbefruchtet gelassene lange Zeit frisch.

Die eben erwähnten und noch viele andere Tatsachen sprechen also dafür, daß eine Vereinigung der nahe verwandten Geschlechtszellen, wie sie

durch Selbstbestäubung herbeigeführt wird, für die betreffende Pflanzenart unvorteilhaft, ja nicht selten schädlich ist, während Fremdbestäubung stets eine kräftige Nachkommenschaft zur Folge hat.

Hindernisse der Selbstbestäubung.

Fassen wir die Fortpflanzungserscheinungen im Pflanzenreiche etwas aufmerksamer ins Auge, so werden wir leicht gewisse Einrichtungen erkennen, die darauf abzielen, eine Vereinigung zu nahe verwandter Geschlechtszellen möglichst zu verhindern und nur solche von entfernter Verwandtschaft der Abstammung innerhalb derselben Art zuzulassen.

In einfachster Weise geschieht dies durch **Diklinie**, d. i. die Einrichtung, bei welcher die männlichen und weiblichen Fortpflanzungszellen in verschiedenen Blüten getrennt stehen. Diese Blüten, die also in dem einen Falle männlich, in dem andern weiblich sind, können an einem und demselben oder auf verschiedenen Stöcken stehen; sie können also nach Linné monöcisch oder diöcisch sein. Hier ist natürlich die Selbstbefruchtung von vornherein unmöglich, da weder die männlichen, noch die weiblichen Blüten für sich eine Frucht erzeugen können.

Die Diklinie steht nun aber nicht etwa der Monoklinie (Zwitterblütigkeit) schroff gegenüber; sie ist vielmehr durch vielfache Übergänge mit ihr verbunden. Am ausgesprochensten tritt sie uns entgegen bei den Pflanzen, bei welchen die männlichen Blüten von den weiblichen wesentlich verschieden gebaut sind. Ich erinnere hier nur an die Becherfrüchtler (Buche, Eiche, Haselnuß, edle Kastanie), an die Nesselgewächse (Brennessel, Hopfen, Hanf). Bei dem zu den letzteren gehörigen Hanfe würde man nach alleiniger Beachtung der Blüten, den sogenannten Fimmel (männliche Hanfpflanze) kaum als zu dem Mastel (dem Samenhanf) gehörig ansehen, wenn nicht beide auf Pflanzen ständen, die in ihrer sonstigen Tracht vollständig übereinstimmen und aus dem Samen einer und derselben mütterlichen Pflanze hervorwuchsen.

Trotz der Verschiedenheit im Bau der männlichen und weiblichen Blüten, die so viele diklinische Pflanzen zeigen, kommen ausnahmsweise aber doch auch bei diöcischen Pflanzen, wie bei dem Gagel (Myrica Gale), dem Bingelkraut (Mercurialis annua), dem vorhin erwähnten Hanf u. s. w. beide Geschlechter auf einer Pflanze, oder bei monöcischen, wie beim Mais (Zea Mays) in einem Blütenstande vereinigt vor. Es ist dies übrigens gar nicht so selten, als man meinen sollte. Jeder, der aufmerksam sucht, wird bald Beweise dafür finden. Am Mais z. B. kann man sehr oft in den männlichen Blütenähren weibliche Blüten und später Früchte beobachten. Professor Bail in Danzig fand androgyne Blütenstände (d. h. solche, welche gleichzeitig männliche und auch weibliche Blüten enthalten) bei der Hainbuche (Carpinus Betulus), der Rothbuche (Fagus silvatica), der Weißbirke (Betula alba), der Schwarzfichte (Pinus nigra) und der Silberpappel (Populus alba). A. Braun bemerkte dergleichen an einer Form des Hanfes. Hermann Müller machte sodann noch die interessante Beobachtung, daß an diklinischen Pflanzen das eine Geschlecht zuweilen in das andere übergeht. An einem

Strauche der grauen Weide (Salix cinerea) fand er einst in vielen Blüten zahlreiche Zwischenstufen zwischen reinen Pistillen und reinen Staubgefäßen (Figur 157).

Obgleich nach A. Braun in den letzterwähnten und vielen andern Fällen die Entstehung der diklinischen Blüten, wie das Geschlecht der Tiere, auf der verschiedenartigen Ausbildung der nach ihrer Stellung in der Blüte gleichwertigen Teile zu beruhen scheint, so daß die gleichwertigen Blätter in der männlichen Blüte zu Staubgefäßen, in der weiblichen aber zu Pistillen werden, treten doch auch bei solchen vollkommen getrenntgeschlechtigen Blüten zuweilen Zwitterblüten auf. Schnitzlein sahe dergleichen bei der Lärche (Larix), Bail an der Zitter- und Silberpappel (Populus tremula und alba), Hainbuche (Carpinus Betulus), Schreiber dieses fand sie wiederholt am Wunderbaum (Ricinus communis).

In sehr vielen Fällen hat sich die Diklinie offenbar erst aus der Zwitterblütigkeit (Monoklinie) entwickelt durch teilweises oder vollständiges Fehlschlagen der Staubgefäße in der später weiblichen, der Pistille in der schließlich männlichen Blüte. Männliche und weibliche Blüten zeigen natürlich dann stets denselben Bau. In diesem Falle treten neben männlichen und weiblichen Blüten ziemlich häufig auch Zwitterblüten auf, wie alle die Pflanzen wahrnehmen lassen, die Linné in die 23. Klasse seines Systems zusammenstellte. Damit soll freilich nicht gesagt sein, daß dann neben den Zwitterblüten immer Blüten beiderlei Geschlechts auftreten müssen. Das ist der seltnere Fall, der beispielsweise bei der Esche (Fraxinus excelsior) und dem basilikumähnlichen Seifenkraut (Saponaria ocymoides) statt hat. Neben Zwitterblüten findet man normal nur männliche Blüten beim schwarzen und weißen Germer (Veratrum nigrum und album), bei der Roßkastanie (Aesculus hippocastanum), nur weibliche dagegen beim Quendel (Thymus serpyllum und vulgaris) beim Glaskraut (Parietaria diffusa und officinalis).

Übrigens zeigen viele Pflanzen, die wir als zwitterig anzusehen gewöhnt sind, mitunter die Neigung, diklinisch zu werden. Besonders macht man diese Erfahrung recht häufig an Kulturpflanzen. So erzeugen z. B. verschiedene Erdbeersorten, sobald sie im Klima von Nordamerika in reichen Bodenarten kultiviert werden, in der Regel Pflanzen mit getrennten Geschlechtern. Einige Mitglieder der Cincinnati-Hortikultur-Gesellschaft, die beauftragt waren, diesen Gegenstand genauer zu untersuchen, berichten, daß wenige Varietäten Blüten mit vollkommenen Organen beiderlei Geschlechts haben. Diesen Umstand machen sich die Züchter von Ohio zu nutze, indem sie nach je sieben Reihen Pistillaten oder weiblichen Pflanzen eine Reihe zwitterblütiger pflanzen, welche Pollen für beide Sorten tragen, aber infolge des Aufwandes von Kraft und Stoff, den sie bei der Produktion von Blütenstaub machen müssen, natürlich weniger Früchte als die bloß weiblichen Pflanzen bringen.

Einen eigentümlichen Wechsel in der Hervorbringung der Geschlechtsorgane glaubt der Engländer Spruce bei manchen Palmen (Geonema discolor, G. paniculigera, G. chelidonura, Maximiliana regia etc.) entdeckt zu haben. Er hatte seiner Meinung nach gefunden, daß von den betreffenden Palmen ein Exemplar in dem einen Jahre nur männliche, in dem andern nur weibliche Blüten erzeuge und ist nun der Ansicht, daß dieser Wechsel

der Funktion eine Art von Erholung für die Pflanze gewähre, deren Kraft weniger in Anspruch genommen werde, wenn sie ein Jahr um das andere von der Bürde, reife Frucht zu bringen, befreit sei. Gartendirektor **Wendland** in Herrenhausen bei Hannover hat aber erklärt, daß diese Beobachtung nicht mit denen übereinstimme, die er an den betreffenden Arten sowohl bei ihrer Kultur, als auch in ihrem Vaterlande gemacht habe.

Wenn, wie anzunehmen, die Monoklinie die ursprüngliche Geschlechterverteilung in der Pflanzenwelt gewesen ist, so hat sich auf alle Fälle daraus erst die Diklinie oder Eingeschlechtigkeit entwickelt, und zwar deshalb, weil eine stetig oder auch nur öfter eintretende Vereinigung zu nahe verwandter Geschlechtszellen sich für die Erhaltung der betreffenden Art als unvorteilhaft erwiesen hat.

Nun finden wir aber, daß nur ein kleiner Teil unserer höheren Pflanzen diklinisch ist, während die Mehrzahl beide Geschlechter in derselben Blüte vereint. Bei den letztern scheint daher eine Selbstbestäubung eintreten zu müssen. Und doch hat auch in diesem Falle die Natur dieselbe bedeutend erschwert, wenn nicht ganz unmöglich gemacht.

Zunächst ist dies geschehen durch **Dichogamie**, d. i. die Einrichtung, nach welcher die nebeneinander erzeugten Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten funktionsfähig werden.

Es ist Sprengels*) Verdienst, diese merkwürdige Einrichtung zuerst erkannt zu haben. Freilich hat man sie nachher lange Zeit entweder ignoriert oder zu widerlegen gesucht, bis endlich vor kurzem erst Darwin ihr eine allgemeine Anerkennung verschafft hat. Von den beiden Geschlechtsorganen ist entweder das männliche dem weiblichen oder das weibliche dem männlichen in der Entwicklung voraus. Man unterscheidet infolge dessen **proterandrische Dichogamie**, d. i. die, bei welcher die Staubgefäße zuerst reif werden und **protogynische**, d. i. die, bei welcher sich die Pistille zuerst entwickeln.

Der erste Fall ist der häufigere. Betrachten wir eine unserer Glockenblumen, beispielsweise die auf allen Wiesen häufige sperrigästige Glocke (Campanula patula), so werden wir finden, daß, wenn sich die Blumenkrone öffnet, sich auch die Antheren schon öffnen oder bereits geöffnet haben und den Blütenstaub auszustreuen beginnen. Erst später, und zwar erst dann, wenn die Antheren vollständig leer und infolgedessen völlig zusammengeschrumpft sind und in der ganzen Blüte kaum ein Pollenkorn mehr zu entdecken ist, geht das Pistill seiner Reife entgegen; die drei oder vier Narben lösen sich voneinander, schlagen sich zurück und warten der Bestäubung. Das Gleiche läßt sich leicht am schmalblätterigen Weidenröschen (Epilobium angustifolium), an der rispigen Flammenblume (Phlox paniculata), an den verschiedenen Spezies vom Storch- und Kranichschnabel (Geranium, Pelargonium), vielen Hahnenfußgewächsen (Ranunculaceen), Korbblütlern (Compositen) und wohl sämtlichen Doldenblütlern (Umbelliferen) 2c. behaupten. Bei manchen der letzteren ist die proterandrische Dichogamie so ausgeprägt, daß alle Einzelblüten einer Dolde erst nach dem Abblühen der Staubgefäße die Griffel hervortreten lassen. Die Dichogamen können

*) Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793.

natürlich nur mit dem Pollen aus jüngeren Blüten bestäubt werden, und solcher wird durch die in der Natur thätigen Vermittler gewöhnlich auch sehr bald übertragen, so daß wir meist in kürzester Zeit die so spät empfängnisfähig gewordene Narbe mit Blütenstaub belegt finden.

Bei den protogynischen Dichogamen ist die Narbe beim Oeffnen der Blüte schon vollkommen bestäubungsfähig, ja in einzelnen Fällen ragt sie schon vorher aus der im übrigen noch geschlossenen Blüte heraus. Die der Ausbildung der Staubgefäße voraneilende Entwicklung der Narbe läßt sich am Wiesenfuchsschwanz (Alopecurus pratensis), dem Ruchgras (Antoxanthum odoratum), der behaarten Marbel (Luzula pilosa), dem ausgebreiteten Glaskraut (Parietaria diffusa), der Haselwurz (Asarum europaeum und canadense), verschiedenen Wegerich-Arten (Plantago), der blauen Heckenkirsche (Lonicera coerulea), der gemeinen Kugelblume (Globularia vulgaris), der Alraunwurzel (Mandragora officinalis), der tollkirschenähnlichen Skopolie (Scopolia atropoides), der knotigen Braunwurz (Scrofularia nodosa), der dreilappigen Asimine (Asimina triloba), den verschiedenen Arten von Nießwurz (Helleborus), der weißen und rothen Roßkastanie (Aesculus hippocastanum und Pavia rubicunda) u. s. w. beobachten. Beim Wiesenschaumkraute finden wir regelmäßig die Narben bestäubt und wieder zwischen die Kronenspelzen zurückgezogen, wenn die braunroten Staubgefäße hervorgeschoben werden, um sich endlich zu öffnen. Ähnliches zeigen auch die übrigen Pflanzen. Bei einzelnen wird die Selbstbestäubung geradezu unmöglich gemacht, wie z. B. beim ausgebreiteten Glaskraut (Parietaria diffusa), einer zu den Nesselgewächsen gehörigen unscheinbaren, an Felsen und Mauern wachsenden Pflanze. Hier vertrocknet die Narbe, die sich sehr frühe schon aus der noch lange geschlossen bleibenden Blüte hervorschiebt und fällt bereits einige Zeit vor dem Öffnen derselben ab oder wird, sobald das bis dahin noch nicht geschehen ist, beim Öffnen selbst abgerissen.

Die Bewegung der Staubgefäße gegen das Pistill, die man bei verschiedenen Dichogamen findet, wie beim Sauerdorn (Berberis vulgaris), dem Studentenröschen (Parnassia palustris), der Raute (Ruta graveolens), verschiedenen Arten vom Steinbrech (Saxifraga), dem hohen Rittersporn (Delphinium elatum), oder auch umgekehrt die Neigung des Pistills zu den Staubgefäßen, wie sie der gebaute Schwarzkümmel (Nigella sativa), verschiedene Passionsblumen und Eibisch (Passiflora und Hibiscus), die amerikanische Sammtmalve (Sida americana) zeigen, haben nicht etwa den Zweck, unvermeidlich Selbstbestäubung resp. Selbstbefruchtung herbeizuführen, sondern sie dienen gerade der Fremdbestäubung, indem sie es vermitteln, daß das bestäubende Insekt in den dichogamen Blüten an derselben Stelle, wo es in der einen die Antheren berührt, in der anderen die Narbe berühre und um so sicherer den Blütenstaub an die bestimmte Stelle bringe.

Interessant ist noch die Beobachtung, daß bei den proterandrischen Dichogamen die letzten Blüten sehr oft keine Frucht ansetzen, da die Pistille verkümmert sind. In der Regel ist das bei den Umbelliferen der Fall, bei welchen die innersten Blüten der Dolden meistenteils nur männlich sind. Die Pistille verkümmern hier einfach, weil sie für die Pflanze keinen Wert mehr haben, da sie wegen Mangel an Blütenstaub doch nicht befruchtet werden könnten. Eine Verkümmerung der letzten Blüten bei den protogynischen

Dichogamen, die männlich sein müssen, scheint nicht vorzukommen, wie denn überhaupt die Natur mit Hervorbringung der Antheren bez. des **Pollens** durchaus nicht geizt, sondern sie meistenteils in verschwenderischer Fülle erzeugt.

Eine Reihe weiterer und oft sehr verschiedenartiger Einrichtungen zur Verhinderung der Selbstbestäubung bezeichnen wir mit Axell (Die Blüteneinrichtungen der Phanerogamen, Stockholm 1869), als **Herkogamie** und verstehen darunter eine solche gegenseitige Lage der Geschlechtsorgane, bei welcher eine Selbstbestäubung entweder ganz unmöglich oder doch mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Hierzu finden wir bei den Irisarten, bei Crocus, Pedicularis, vielen Lippenblütlern, Schmetterlingsblütlern, Asclepiadeen der Beispiele genug. Geradezu unmöglich ist infolge der gegenseitigen Lage der Blütenteile die Selbstbestäubung bei einer großen Anzahl Orchideen z. B. beim Marienschuh (Cypripedium calceolus), dem kriechenden Spaltständel (Goodyera repens), dem Herbstdrehling (Spiranthes autumnalis), dem eiblättrigen Zweiblatt (Listera ovata), dem Vogelnest (Neottia nidus avis), bei verschiedenen Arten von der Sumpfwurz (Epipactis), bei der Kuckucksblume (Orchis), dem Fliegenkraut (Ophrys muscifera), dem grünlichen Breitkölbchen (Platanthera chlorantha). Hier kann dieselbe nur allein durch mit Ortsbewegung begabte Wesen, also durch Tiere, vermittelt werden, und in den meisten Fällen sind dies Insekten, denen sich die Blüten, welche sie des Nektars wegen besuchen, vollständig angepaßt haben, so daß die betreffenden Insekten in der einen Blüte den Pollen unfehlbar mit wegnehmen und in der andern unfehlbar an der Narbe absetzen müssen.

In vielen Fällen geht die Herkogamie mit der Dichogamie Hand in Hand, wie bei der gemeinen Osterluzei (Aristolochia clematitis), dem Pfeifenstrauch (A. sipho). Hier halten die zuerst entwickelten Narben die Antheren so lange bedeckt, bis sie befruchtet und abgewelkt sind. Dann wird es den Staubbeuteln überhaupt erst möglich, sich zu öffnen. Interessant ist eine Art Bewegungsherkogamie, wie sie eine Anzahl Cruciferen zeigen. Während nämlich in den Blüten derselben die Antheren vor dem Aufreißen (vor der Anthese) der Narbe zugekehrt sind, tritt beim Aufreißen selbst eine solche Wendung ein, daß sich die aufgerissenen Seiten vollständig von der Narbe abkehren. Prof. Hildebrand bezeichnet diese Thatsache geradezu als einen Ausdruck des Widerwillens gegen die Selbstbestäubung.

Auf die gegenseitige Befruchtung verschiedener Pflanzen derselben Art, wenn auch die Selbstbefruchtung nicht völlig ausschließend, zielt auch die **Heterostylie** ab. Darunter versteht man die Erscheinung, daß in den Blüten verschiedener Pflanzen derselben Art das Verhältnis der Länge des Griffels zur Länge der Staubgefäße verschieden ist. Lange schon hat man an den verschiedenen Arten der Gattung Primula beobachtet, daß einzelne Pflanzen Blüten mit langen Griffeln und kurzen Staubgefäßen, andre wieder solche mit kurzen Griffeln und langen Staubgefäßen besitzen; doch sah man dies als etwas völlig Gleichgiltiges an und forschte nicht weiter nach der Bedeutung dieses Umstandes für die Fortpflanzung. Auch hier war es Darwin, der diese merkwürdige Erscheinung zuerst näher ins Auge faßte, ihre Bedeutung für die Fortpflanzung erkannte und seinen Freund Scott anregte, eingehendere Untersuchungen darüber anzustellen. Von deutschen Forschern war es besonders Prof. Hildebrand, der auf Darwins Anregung hin dieser

Einrichtung ebenfalls weiter nachspürte. Bei allen Pflanzen, die eine derartige Zweigestaltigkeit (Dimorphismus) der Geschlechtsorgane zeigen, ist das Verhältnis von Griffel- und Staubgefäßlänge ein solches, daß bei der langgriffeligen (makrostylen) Form die Staubgefäße auf derselben Höhe stehen, wie bei der kurzgriffeligen (mikrostylen) Form die Narbe — und umgekehrt die Staubgefäße der kurzgriffeligen (mikrostylen) Form gleiche Höhe mit der Narbe der langgriffeligen (makrostylen) Form haben. Die Bestäubung kann nun entweder zwischen den auf gleicher Höhe befindlichen Organen erfolgen, so daß also die Antheren der mikrostylen Blüte die Narbe der makrostylen und die Antheren der makrostylen die Narbe der mikrostylen Form bestäuben (heteromorphe Bestäubung) oder sie kann zwischen den nicht auf gleicher Höhe stehenden Geschlechtsorganen stattfinden, so daß also die auf langem Pistill stehende Narbe der makrostylen Form von den kurzen Staubgefäßen derselben Form und die auf kurzem Griffel befindliche Narbe der mikrostylen Blüten von den langen Staubgefäßen der gleichen Form bestäubt werden (homomorphe Bestäubung). Nach den von Darwin, Scott und Hildebrand angestellten Versuchen fielen die Resultate der heteromorphen und homomorphen Bestäubung sehr verschieden aus. Hildebrand setzte eine kräftige Pflanze vom ausdauernden Lein (Linum perenne) im Frühjahre in einen Topf, und dieselbe entwickelte etwa 30 Blütenzweige, deren Blüten die mikrostyle Form zeigten. Die Pflanze wurde nun in das Zimmer genommen und an einen gegen Insekten und Wind abgeschlossenen Ort gestellt; die Blütenzweige wurden darauf in drei Abteilungen geteilt und ihre Blüten in verschiedener Weise befruchtet. In der ersten Abteilung betupfte man die Narben durchgängig mit dem Pollen derselben Blüte; aber alle Blüten gingen, ohne Frucht anzusetzen, in kurzer Zeit zu Grunde. In der zweiten Abteilung wurden die Narben mit dem Pollen von andern Blüten derselben Pflanze oder von Blüten eines andern mikrostylen Exemplars bestäubt, doch ebenfalls ohne Erfolg. Die 30 Blüten der dritten Abteilung endlich, welche mit dem Pollen einer makrostylen Form belegt wurden, entwickelten mit Ausnahme von 2 Fällen wohlausgebildete Früchte mit gutem Samen. Versuche mit der chinesischen Primel (Primula sinensis) und dem gemeinen Lungenkraut (Pulmonaria officinalis) gaben ein ähnliches Resultat. Fast dieselben Resultate erhielten an den gleichen Pflanzen auch Darwin und Scott. Bei der heteromorphen Bestäubung (von Darwin auch die legitime genannt) waren die Blüten fast ausnahmslos fruchtbar, bei der homomorphen dagegen gab es stets nur eine geringe Zahl von Früchten und Samen, wenn die Bestäubung zwischen verschiedenen Blüten erfolgte, gar keine aber, wenn sie zwischen den geschlechtlichen Organen einer und derselben Blüte vorgenommen wurde.

Außer den schon erwähnten Pflanzen zeigen Dimorphismus der großblumige und der gelbe Lein (Linum grandiflorum und flavum), die Wasserfeder (Hottonia palustris), der Fieberklee (Menyanthes trifoliata), der thymianblättrige Weiderich (Lythrum thymifolia) u. a.

An einzelnen Pflanzen z. B. an mehreren Arten vom Sauerklee (Oxalis gracilis, O. monophylla, O. tubiflora, O. luteola), ferner vom Weiderich (Lythrum salicaria, L. Graefferi etc.) zeigt sich eine Heterostylie, welche drei Blütenformen (also Trimorphismus) aufweist. In jeder derselben

befinden sich die geschlechtlichen Organe auf drei verschiedenen Stufen. So stehen in der einen Form vom Blutweiderich (Lythrum salicaria) die fünf Griffel auf der obersten, fünf Staubgefäße auf der mittleren und fünf andere auf der untersten Stufe. In der zweiten stehen die Pistille auf der mittleren, die Staubgefäße zur Hälfte auf der oberen und zur Hälfte auf der untersten Stufe, während endlich in der dritten Form die Staubgefäße die beiden oberen, die Pistille die unterste Stufe einnehmen. Man hat die Blüten der ersten Form großgriffelige (makrostyle), die der zweiten Form mittelgriffelige (mesostyle), die der dritten Form kleingriffelige (mikrostyle) Blüten genannt. In jeder dieser drei Formen sind die auf jeder der beiden Stufen stehenden Staubgefäße gut entwickelt, nur macht sich zwischen den Pollenkörnern von den auf verschiedenen Stufen befindlichen Antheren ein Größenunterschied bemerklich; die auf der höchsten Stufe stehenden haben die größten, die auf der mittleren mittelgroße, die auf der niedrigsten die kleinsten Pollenkörner.

Darwin hat in Beziehung hierauf wieder durch seine Versuche nachgewiesen, daß nur dann die Bestäubung den besten Erfolg habe, wenn sie zwischen den auf gleicher Stufe stehenden geschlechtlichen Organen erfolge, also wenn der Blütenstaub vom obersten Staubgefäßkreis einer mikro- oder mesostylen Blüte auf den Griffel einer makrostylen gelange. Die Vereinigung der Geschlechtsorgane einer und derselben Form hat stets eine weit geringere Fruchtbarkeit zur Folge, und zwar eine um so geringere, je größer sich der Längenunterschied der sich bestäubenden Organe herausstellt. Die kurzgriffelige Form, bestäubt mit den längeren Staubgefäßen der mittelgriffeligen, giebt gar keinen Samen. Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß die großen Pollenkörner der längeren Staubgefäße eben nur für die Narben der längsten Griffel, die Pollenkörner der mittleren für die Narben der mittellangen Griffel und die der kürzesten nur für die kürzesten geeignet sind. Und die ganze Erscheinung läßt sich dadurch erklären, daß bei der in der Natur stattfindenden Bestäubung durch irgendwelche Vermittler in der Regel nur Geschlechter von gleicher Länge miteinander in Berührung kommen. Erleichtert wird die legitime Bestäubung resp. Befruchtung (d. i. also die, welche durch Zusammenwirken der auf gleicher Höhe stehenden Geschlechtsorgane erfolgt) ganz besonders noch durch den Umstand, daß der Pollen von den Staubgefäßen irgend einer Stufe auf der Narbe der gleichen Stufe der wirksamste ist und den Einfluß anderen Pollens, selbst wenn derselbe schon bis 24 Stunden die Narbe belegt hat, vollständig vernichtet.

Bestäubungsvermittler.

Da die Natur bei vielen Pflanzen durch die verschiedenartigsten Mittel eine Selbstbestäubung verhindert hat und auch bei solchen, wo derartige hindernde Einrichtungen nicht vorhanden sind, die Selbstbestäubung in der Regel erfolglos bleibt, so müssen besondere Träger vorhanden sein, welche die Übertragung des Pollens auf die Narben vermitteln.

Als solche Träger bieten sich nun Wasser, Wind und lebende Tiere dar, so daß die betreffenden Pflanzen darnach in Wasserblütler (Hydrophilae), Windblütler (Anemophilae), Tierblütler (Zoidiophilae) eingeteilt werden können. Die nacktsamigen Pflanzen (Gymnospermen), zu denen von unsern einheimischen Gewächsen nur die Nadelhölzer gehören, sind ausnahms-

los Windblütler; unter den bedecktsamigen Pflanzen (denen, die die Samen im geschlossenen Fruchtknoten bilden) giebt es neben einer sehr beschränkten Anzahl Wasserblütler ebenfalls noch Windblütler, die überwiegende Menge gehört jedoch zu den Tierblütlern.

A. **Wasserblütler** (Hydrophilae). Die Einrichtungen, welche die Bestäubung resp. die Befruchtung gewisser Pflanzen durch Vermittlung des Wassers bezwecken, sind nach des Italieners Delpino Beobachtungen von zweierlei Art, je nachdem sie eine Bestäubung unter oder auf der Oberfläche des Wassers herbeiführen sollen. Im ersten Falle sind, um die Möglichkeit einer gegenseitigen Berührung zu begünstigen, Pollenkörner wie Narben, oder wenigstens die einen oder andern, in lange Fäden ausgezogen. Da der Pollen in diesem Falle stets von gleichem specifischen Gewichte mit dem Wasser ist, wird er, sobald er die Staubbeutel verläßt, sich horizontal im Wasser ausbreiten und infolgedessen bei seiner algenfädenähnlichen Gestalt leicht mit den langen, in haarartige Zipfel zerschlitzten Narben benachbarter Blütenstände in Berührung kommen, die wie Zähne eines Kammes oder Rechens die Pollenfäden aus den bewegten Fluten auffischen. Entsprechend der geringen Wahrscheinlichkeit, daß eine Narbe regelmäßig mehr als ein Pollenkorn auffischt, bringen dergl. Pflanzen stets nur Fruchtknoten hervor, die mit einer Samenknospe versehen sind. Diese Art von Bestäubung zeigen alle untergetaucht blühenden Wasserpflanzen, so die verschiedenen Arten vom Hornblatt (Ceratophyllum), mehrere Nixkräuter (Najadeen), wie das Seegras (Zostera marina und nana), das Tanggras (Cymodocea aequorea und antarctica), Posidonia Caulini, Halodule australis etc.

Im zweiten Falle ist der Blütenstaub entweder specifisch leichter als das Wasser und gelangt infolgedessen nach seinem Austritte aus den Antheren sofort an die Oberfläche, oder er wird in einem Schwimmer dahin getragen. Der Stiel der weiblichen Blüte aber ist spiralig gewunden und hat die Fähigkeit, sich zu verlängern oder zu verkürzen, um den Schwankungen des Wasserstandes folgen und die Narben genau auf der Oberfläche desselben halten zu können. Diese Einrichtung zeigen die ebenfalls zu den Nixkräutern gehörige Ruppia spiralis und die den Froschbißgewächsen zuzuzählende Vallisneria spiralis, von denen die erstere im Meere wächst, die letztere dagegen sehr häufig in den Kanälen Italiens, aus welchen die Reisfelder bewässert werden, auftritt. Beide Pflanzen blühen proterandrisch. Wenn Ruppia spiralis ihre sonderbaren, bogenförmig gestalteten Pollenzellen (Pollenkörner lassen sie sich kaum nennen) entleert, ragt die Blütenähre kaum aus der Scheide hervor. Jene Zellen können deshalb auf der Oberfläche des Wassers, zu der sie sofort aufsteigen, nur Stempel älterer Blüten finden. Der aus großen, klebrigen und aneinander hängenden Zellen bestehende Pollen der Vallisneria spiralis wird vom Wasser gar nicht berührt, da die ihn bergenden Staubbeutel anfangs vom Kelche wie von einer hermetisch geschlossenen Blase umhüllt sind, nach dem Ablösen der männlichen Blüte aber von dem umgestülpten Kelche wie von einem Schiffchen getragen werden. Nach Scott befreien sich unter dem Strahl der Mittagssonne die unzähligen Blüten aus der Scheide und steigen wie kleine Luftblasen auf, bis sie die Oberfläche des Wassers erreichen, wo der Kelch sofort aufbricht, die zwei größern einander gegenüberstehenden Kelchblätter sich zurückschlagen

und als einziges Steuerruder dienen, während das dritte kleinere zurückgekrümmt ein Miniatursegel darstellt. Diese Pollenschiffchen kommen nun, wenn sie zwischen den an die Oberfläche des Wassers reichenden weiblichen Blüten umherschwimmen, hin und wieder mit den weit abstehenden, ebenfalls auf zurückgeschlagenem Kelche sitzenden Narben derselben in Berührung und heften ihnen ihren klebrigen Blütenstaub an, bestäuben sie also.

B. **Windblütler** (Anemophilae). In allen den Fällen, in denen der Wind als Vehikel zur Übertragung des Blütenstaubes dient, werden die Pollenmassen in unglaublicher Fülle erzeugt und ihres geringen specifischen Gewichtes wegen auf überraschend große Entfernungen hintransportirt. So berichtet Darwin, Mr. Hassall habe gefunden, daß eine einzige Pflanze vom Rohrkolben (Typha) 144 Gran*) Pollenmasse zu producieren vermöge; ferner seien von dem Deck der Schiffe in der Nähe des amerikanischen Ufers schon ganze Eimer voll Pollen, hauptsächlich von Coniferen und Gräsern, weggekehrt worden, und Mr. Riley habe in der Nähe von St. Louis in Missouri den Boden so mit Pollen bedeckt gesehen, als sei er dicht mit Schwefelpulver bestreut gewesen, und habe man dabei noch guten Grund gehabt, anzunehmen, daß derselbe von den Tannenwäldern mindestens 400 Meilen weiter südlich hertransportiert worden sei. Damit stimmen auch A. Kerners Beobachtungen, die auf ausgedehnten Schneefeldern höherer Alpen gemacht wurden, vollständig überein.

Die gymnospermen Windblütler sind von denen der angiospermen wesentlich verschieden. Die männlichen Blüten der ersteren bestehen in der Regel aus einer Anhäufung zahlreicher Staubgefäße, an denen die zweiteilige Antherenform noch nicht ausgeprägt ist. Ferner besitzen bei verschiedenen Gattungen (Pinus, Abies, Podocarpus etc.) die Pollenkörner an zwei entgegengesetzten Seiten zwei von der Außenhaut gebildete lufthaltige Blasen mit netzartiger Skulptur, die offenbar den Zweck haben, das specifische Gewicht des Kornes zu verringern und das Schweben desselben in der Luft zu erleichtern. Die weiblichen Blüten stehen in der Regel in Zapfen: bei den Tannen mit je zwei Samenknospen am Grunde jeder Zapfenschuppe, beim Taxus mit einer einzigen gipfelständigen Samenknospe. Fruchtknoten, Griffel und Narbe sind nicht vorhanden. Da in den meisten Fällen die des Pollens bedürftigen Samenknospen ganz im Verborgenen zwischen den Schuppen des weiblichen Zapfens ruhen, erscheint es fast unmöglich, daß der Blütenstaub zu ihnen gelangen könne. Doch hat der schon erwähnte italienische Forscher Delpino das „Wie" glücklich ermittelt. „Jede der Zapfenschuppen stellt sich als ein zungenförmiger Körper dar, welcher nach der Basis zu in einen kurzen, abgerundeten Stiel zusammengezogen ist und sich dann in eine fleischige rundliche Spreite horizontal ausbreitet. Am Grunde trägt die Zapfenschuppe auf der Oberseite rechts und links eine Samenknospe, während auf der Unterseite eine ihr selbst fast gleiche, aber zartere Bractee**) entspringt. Wie bekannt sind nun die Zapfenschuppen in eine Anzahl links und rechts gewundener Spiralen angeordnet, und in dieser Weise befindet sich an jedem Zapfen eine gleiche Anzahl rechts- und linksgewundener Röhren oder Gänge. An diese Gänge

*) Etwas über 9 Gramm.
**) Dieselbe stellt eigentlich das Fruchtblatt dar.

schmiegen sich die zangenartigen [illegible] d. h. der Kanäle, durch welche der Pollenschlauch in die Samenknospe eindringt, den Samenknospen derartig an, daß sie sich an ihren Umkreis [illegible] anlegen, und zwar die Mikropylen der rechtsstehenden Samen an die rechtsgewundenen Gänge und die der linksstehenden an die linksgewundenen Gänge. Weiter sind nun diese Gänge mit der äußeren Luft in günstige Verbindung gesetzt, wozu die Bracteen in ausgezeichneter Weise beitragen, indem dieselben durch ihre Ausbreitung unter jeder Schuppe einen horizontalen Trichter bilden. In dieser Weise haben wir in den weiblichen Blütenzapfen von Pinus eine Anzahl rechts und links gewundener Gänge, welche durch die entsprechende Anzahl von Trichtern mit der Außenluft in Verbindung gesetzt sind. Weil nun der Wind, sobald der Pollen einmal vor die Trichter gelangt ist, bei der Anordnung der Röhren zwischen denselben offenbar einen Wirbel erzeugen muß, so muß der Pollen notwendig nach einiger Zeit ins Innere der Röhren gelangen, wo er alsdann an den Rändern der Mikropylen haften bleibt. Der einmal ins Innere der Zapfen durch den Trichter eingedrungene Pollen kann nicht so leicht wieder heraus, sondern bleibt nach einigem Umherwirbeln an den klebrigen Oberflächen eines Mikropylenrandes haften.*) Nachdem die Bracteen die wichtige Funktion eines Trichters erfüllt haben, wachsen sie nicht weiter, sondern vertrocknen. Die Schuppen hingegen vergrößern sich bedeutend, werden dick und kräftig und schützen die Samenknospen bis zu ihrer Reife."

Bei den angiospermen Windblütlern sind die Samenknospen in einen Fruchtknoten eingeschlossen. Derselbe ist aber immer mit besonderen Ausrüstungen versehen, die die Bestäubung unterstützen. Gewöhnlich zeigen die Narben eine außerordentliche Entwicklung und ragen als lange Pinsel oder Schwänze, als Blätter oder Scheiben, Fangarmen gleich, aus der Blüte hervor, immer bereit, jedes in der Luft daherziehende, sich nähernde Pollenkorn festzuhalten, während die männlichen Blüten in den meisten Fällen beweglich sind, so daß der Wind durch sein Schütteln die Antheren zum Oeffnen zu bringen und den Pollen leicht fortzuführen vermag. In Aehren mit beweglichen Achsen stehen sie bei den Weiden, Birken, Haselnüssen (Salix, Betula, Corylus). Herabhängende Blüten tragen der Eschenahorn (Negundo fraxinifolium) und die Cypergräser (Cyperaceen); der Hanf (Cannabis sativa), der Hopfen (Humulus lupulus), der Wegerich (Plantago) u. a. haben wenigstens lange, schlaffe, schon im leisesten Lufthauche bewegliche Staubfäden. Bei den Nesselgewächsen, wie bei der Brennessel (Urtica), dem Maulbeerbaum (Morus) liegen die Staubgefäße in der Knospe bogenförmig gekrümmt und werden beim Aufblühen elastisch emporgeschnellt, so daß die Antheren zerreißen und der Pollen nach allen Richtungen auseinanderstiebt. Selbst bei ruhiger Luft gelangt er als Staubwölkchen zu den benachbarten Pflanzen und wird so, wenigstens teilweise, den frei hervorragenden, strahlig auseinander stehenden Narbenästen der kleinen weiblichen Blüten übermittelt.

*) Zur Blütezeit tritt nämlich aus der Mikropyle ei[illegible]itstropfen [illegible], der die zugewehten Pollenkörner auffängt. Zieht derselbe sich [illegible] Verdunstung oder Aufsaugung in die Mikropyle zurück, [illegible] er die P[illegible] sie mit dem Knospenkerne in unmittelbare [illegible]ung ko[illegible] direkt in diesen hinein senden können.



C. **Tierblütler** (Zoidiophilae). Während bei den Wasser- und Windblütlern die Einrichtungen, welche auf die Kreuzung verschiedener Pflanzen derselben Art fördernd einwirken, infolge der einfachen und gleichmäßigen Wirkungsweise, die Wasser und Wind überhaupt als Träger zeigen, sehr wenig mannigfaltig sind, steigert sich bei den Tierblütlern die Verschiedenartigkeit der Blüteneinrichtungen ganz außerordentlich. Zu den verschiedenartigen Einrichtungen innerhalb der Blüte, welche darauf abzielen, den Blütenstaub den Besuchern anzuheften und sie zu nötigen, den ihnen schon anhaftenden an der Narbe abzusetzen, kommen noch mancherlei auf die Sinne der Besucher wirkende Eigentümlichkeiten, — Eigentümlichkeiten, die darauf abzielen, anzulocken und zu wiederholtem Blumenbesuche zu veranlassen.

Man darf nicht etwa glauben, der Blumenbesuch erfolge nur so zufällig. Wäre dies der Fall, würde es mit der Kreuzungsvermittelung schlecht bestellt sein. Nein, er erfolgt mit einer gewissen Notwendigkeit. Die Tiere haben immer eine zwingende Veranlassung, Blüten im allgemeinen oder bestimmte Blüten zu besuchen, indem sie unter dem Blumendache Schutz gegen ungünstige Witterungseinflüsse finden oder darin von dem reichlich vorhandenen Blütenstaube schmausen oder sich endlich an dem an besonderen Stellen hervorquellenden Nektar ergötzen. Sie empfangen also von den Blüten eine Leistung, für welche die durch sie bewirkte Kreuzung nichts, als eine einfache Gegenleistung ist. Wie die Pflanzen sich den bestäubenden Tieren angepaßt haben, so zeigen die Tiere sehr oft auch wieder Anpassungen an die betreffenden Pflanzen. Oft sind die gegenseitigen Anpassungen so speciell, daß gewisse Blumen nur von gewissen Tieren bestäubt werden können und diese wieder nur allein imstande sind, den von diesen Blumen abgeschiedenen Nektar zu gewinnen.

Diejenigen Tiere, welche am meisten auf Blumennahrung angewiesen sind, welche die merkwürdigsten Anpassungen ihres Körpers zur Gewinnung derselben und zur Vermittlung der Bestäubung zeigen, und welche infolgedessen auch das Meiste zur Befruchtung der Blumen beitragen, sind die **Insekten.**

Freilich gilt dies von den verschiedenen Ordnungen derselben in sehr verschiedenem Grade. Die geringsten Anpassungen für diese Zwecke haben wohl die Käfer aufzuweisen. Gleichwohl wirken sie zur Befruchtung zahlreicher Blumen in sehr erheblichem Grade mit. Es ist dies bei ihren häufigen Blumenbesuchen, bei denen sie bald den freiliegenden oder doch weniger tief versteckten Honig lecken, bald vom Blütenstaube naschen, bald sogar die zarten Kronenblätter, Staubgefäße, Pistille benagen, oder bei denen sie auch nur ein schützendes Obdach während der Nacht oder während eines plötzlich eingetretenen Unwetters suchen, gar nicht anders möglich. Die weit ausgebreiteten Blütenstände der meisten Doldengewächse sieht man fast nie leer werden von derartigen kleinen Näschern, und in den Glockenblumen oder den großblütigen Blumenkronen des roten und gelben Fingerhutes findet man am frühen Morgen oder nach einem Gewitterregen bald diesen, bald jenen Käfer als Quartiergast. Merkwürdig ist die Anziehungskraft, die grelle Farben auf diese Insekten ausüben. So wird der goldgrüne Blattkäfer (Cryptocephalus sericeus) vom Färberginster, der ihm weder Blütenstaub,

noch Honig bieten kann, durch nichts Anderes angelockt, als durch das scharf hervorstechende Gelb seiner Blüten.

Bei allen diesen Besuchen wird stets mehr oder weniger Blütenstaub aus einer Blüte in die andere übertragen und dadurch für Bestäubung resp. Befruchtung derselben gesorgt. In unserm Deutschland kommt aber wohl kaum ein Fall vor, in dem die Befruchtung einer bestimmten Pflanze lediglich durch Käfer und zwar durch eine bestimmte Art derselben erfolgen müßte. Das, was sie in Beziehung auf Bestäubung leisten, leisten neben ihnen auch viele andere Insekten. Es fehlt hier eben an weitergehenden Anpassungen des Körpers zur Gewinnung von Blumennahrung und der damit Hand in Hand gehenden Bestäubungsvermittelung. In den südlichen Ländern soll es jedoch nach den Beobachtungen Delpinos und Fritz Müllers einzelne Blumenformen geben, die so eingerichtet sind, daß ihre Befruchtung nur durch bestimmte Käfer erfolgen kann. Delpino bezeichnet als dahin gehörig die Magnolia grandiflora, verschiedene Arten der Gattung Paeonia etc. Die weitgehendste Anpassung unter den Käfern beobachtete Fritz Müller in Brasilien an einer blauen Nemognatha, welche den tiefliegenden Honig gewisser Winden saugt. Er fand hier, daß sich die beiden Kieferladen zu zwei rinnigen Borsten von 12 mm. Länge ausgebildet hatten und bei dichtem Aneinanderschließen eine den ganzen Käferleib an Länge übertreffende Saugröhre darstellten, die, von der Einrollbarkeit abgesehen, völlig einem Schmetterlingsrüssel ähnlich war.

Weit mehr als die Käfer tragen die Fliegen zur Bestäubung und somit zur Befruchtung der Blumen bei. Viele Glieder dieser Familie sind ja bloß auf Blumennahrung angewiesen, und ihre Mundteile besitzen dann meist eine Gestaltung, die nur zur Aufsaugung von Pflanzensäften befähigt. Vor allem ist es die Familie der Schwebfliegen, in welcher sich die auffälligsten Anpassungen, einmal zur Gewinnung von Honig, dann aber auch zur Fortnahme von Blütenstaub, vorfinden. Zu ersterem Zwecke haben sie einen ziemlich langen Rüssel, der oft noch eine verhältnismäßig bedeutende Verlängerung dadurch erfährt, daß sich gleichzeitig der den Rüssel im Ruhezustande bergende Kopfvorsprung ziemlich weit vorstrecken läßt. Zu letzterem Zwecke sind die Endklappen des Rüssels mit Chitinleisten besetzt, zwischen denen der Blütenstaub sehr leicht festgehalten werden kann. Außer den Schwebfliegen sind auch die Blumen-, Tanzfliegen, Gemeinschweber und Dickkopffliegen, von denen die erstern nur Honig saugen, während die übrigen daneben auch Blütenstaub verzehren, von Bedeutung für die Blumenbestäubung.

In der Regel müssen sich die Fliegen aber an dem Mitgenusse begnügen und sind infolgedessen gewöhnlich nur Mitarbeiter beim Kreuzungsgeschäfte. Selbst die langrüsseligsten und blumeneifrigsten stehen hinsichtlich ihrer Thätigkeit weit hinter Bienen und Schmetterlingen zurück, ja kommen neben diesen kaum in Betracht. Nur bei Blumen mit völlig offenem Honig oder bei solchen, wo er im Grunde einer offenen Schale geborgen wird, treten die kurzrüsseligen Fliegen zuweilen am zahlreichsten auf. Noch mehr ist dies der Fall, wenn sich zum leicht zugänglichen Honig eine schmutziggelbe oder schwärzlichpurpurne Blumenfarbe oder ein ekelhafter Geruch gesellen. Während in diesem Falle Schmetterlinge, B[illegible] andere Bestäuber ganz zurücktreten, werden die schmutzige [illegible]

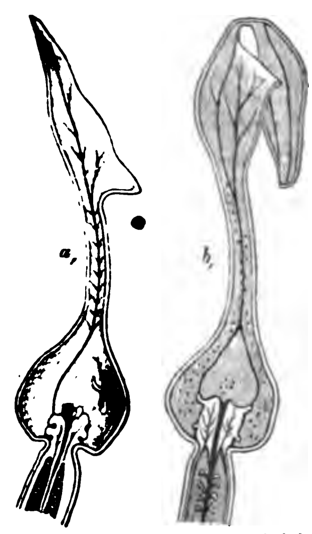
stinkende Gerüche liebenden Fliegen geradezu angezogen. So vermögen eine Anzahl Ekelblumen (von H. Müller sehr treffend als solche bezeichnet) durch ihren Aas- bez. Fleischgeruch selbst die Aas- und Fleischfliegen anzulocken, damit sie bei ihnen zu Bestäubungsvermittlern werden. Hierher gehören von einheimischen Pflanzen Haselwurz (Asarum europaeum), gefleckter Aron (Arum maculatum), vor allem aber viele ausländische Aron- (Aroideen), Hundswürger- (Asclepiadeen) Osterluzeigewächse (Aristolochiaceen), Rafflesiaceen und die am Kap in vielen Arten vorkommenden Stapelien. Letztere täuschen ihre Gäste so vollständig, daß dieselben, in der Meinung, faules Fleisch vor sich zu haben, nicht nur mit dem Rüssel in die Blüten tupfen, sondern selbst ihre Eier bez. Maden darein legen und ihnen dadurch einen kläglichen Untergang bereiten. Die mangelnde Schärfe des Unterscheidungsvermögens, die die Fleischfliegen oft veranlaßt, den Schein für die Wirklichkeit zu nehmen, ist auch anderen kurzrüsseligen, Fäulnißstoffe liebenden Fliegen eigen, und zwar nicht bloß bezüglich des Geruchs, auch bezüglich des Gesichts. Kleine in der Blüte befindliche glänzende Wärzchen oder glänzende Flächen erscheinen ihnen als Safttropfen oder Saftschichten, die wegzulecken sie sich anschicken, wobei wiederum Bestäubung erfolgt. Zu derartigen Täuschblumen gehören das Fliegenkraut (Ophrys muscifera), die Einbeere (Paris quadrifolia) u. a.

Während bei einer Anzahl weniger ausgeprägter Ekelblumen bei ausbleibender Kreuzung durch Fliegen Selbstbestäubung eintritt, haben die ausgeprägteren sehr oft eine Einrichtung, die die Bestäuber so lange festhält, bis sie ihr Geschäft wirklich und mit Erfolg besorgt haben.

An der Osterluzei wurde diese Beobachtung bereits im vorigen Jahrhunderte von Sprengel gemacht; sie blieb aber bis in die neueste Zeit ganz vereinzelt. Nur vor kurzem erst sind Seitenstücke dazu aufgefunden worden. Die eben erwähnte Pflanze, welche in den Weinbergen Süddeutschlands ein ziemlich gemeines Unkraut ist und in Mitteldeutschland hin und wieder in Hecken vorkommt, wird zwischen 1/2 und 1 Meter hoch und ist mit abwechselnden, gestielten, ganzrandigen, tiefherzförmigen Blättern versehen, die in ihren Achseln in mehr oder minder zahlreichen Büscheln einfarbige gelbe Blüten tragen. Eine solche Blüte zeigt Figur 142a. Sie stellt eine ziemlich lange, im unteren Teile bauchig erweiterte und am Eingange fahnenartig ausgebreitete Röhre dar, die im ersten Zustande, d. h. unmittelbar nach dem Aufblühen, innen mit schräg abwärts gestellten Haaren besetzt ist. Diese Haare gestatten es kleinen Mücken, den sogenannten Psychoden, durch den engen Schlund in die bauchige Erweiterung, die eine Art Blütenkessel darstellt, hinein zu kriechen; sie machen ihnen aber, ähnlich wie Reusen, das Herauskriechen unmöglich. Nicht selten finden sich 6—8, ja noch mehr solcher Mückchen in dem Kessel zusammen, laufen und flattern darin herum und berühren dabei die Narbenflächen, an welchen sie den aus früher besuchten Blüten mitgebrachten Pollen abstreifen. Sobald dieser nun in Schläuche auszuwachsen und in die Narben einzudringen beginnt, was hier sofort geschieht, welken die Narben. Jetzt ist's den Staubbeuteln möglich, sich zu öffnen. Sie streuen den Blütenstaub aus, und die kleinen Gäste beladen sich von neuem damit. Bald darauf neigt sich die Blumenkronenröhre abwärts, die Haare fallen zusammen, und die Mücken können nunmehr nach wohlvollbrachtem Werke ihr Versteck un-

gehindert verlassen. Freilich thun sie das nur, um einer zweiten Blüte zuzueilen, darin eine ähnliche Gefangenschaft zu erleiden und ihr den gleichen Dienst zu leisten. Sind die mit neuem Blütenstaube versehenen Tierchen der befruchteten Blüte entflohen, so legt sich der fahnenförmige Lappen derselben über die Mündung der Röhre weg und verwehrt andern Mücken den Eintritt (Figur 142 b), der für die betreffende Blüte nunmehr zwecklos wäre, während dagegen jede unbefruchtete ihr gastliches Thor weit geöffnet hält.

Ganz ähnlich ist's bei der großen Osterluzei (Aristolochia sipho), auch Pfeifenstrauch genannt, weil seine langgestielten braunen Blütchen den kleinen Ulmer Pfeifenköpfen nicht unähnlich sehen. Hier werden aber die dem Hellen zustrebenden kleinen Fliegen nicht durch Haare gefangen gehalten, sondern fallen, an einer Umbiegung der Blumenkrone anprallend, einfach zurück, vermögen aber dann, wenn die Wandung runzelig geworden, was bald nach der Befruchtung eintritt, bequem wieder herauszukriechen. Weitere Beispiele für die zeitweilige Gefangenhaltung ihrer Bestäubungsvermittler bieten die verschiedenen Arten des Aron, von denen hier aber nur die einzige bei uns heimische Art, der gefleckte Aron (Arum maculatum) Figur 89 b, in Betracht gezogen werden soll. Derselbe trägt Staubgefäß- und Pistillblüten (männliche und weibliche) an einem keuligen Kolben, der von einem in seinem unteren Teile dütenartig zusammengerollten, im oberen Teile aber fahnenartig ausgebreiteten Scheidenblatte umgeben wird. Diese obere Ausbreitung bildet das Aushängeschild, welches den kleinen Bestäubern, ebenfalls den Mücken angehörig, die Anwesenheit eines erwünschten Versteckes anzeigt, während der aus der Düte hervortretende braunrote Kolben die Stelle eines Wegweisers vertritt, mit dessen Hülfe sie ohne große Mühe in den unteren, weiteren, dunklen Raum hinabgelangen, wobei ihnen der unmittelbar unterhalb des Eingangs stehende, rings um den Kolben befindliche Kranz von starren Fäden wohl kaum ein ernstliches Hindernis bietet. Dieser Kranz macht ihnen aber später, wenn sie, dem Hellen zufliegend, den engen Raum wieder verlassen wollen, ein Entweichen aus demselben für so lange unmöglich, bis die Fäden erschlaffen und zusammenfallen. H. Müller unterscheidet in seinem hochinteressanten Buche „Die Befruchtung der Blumen durch Insekten" im Verlauf der Aronblüte vier für die Befruchtung wichtige Perioden. In der ersten sind nur die am unteren Teile des Kolbens sitzenden Narben entwickelt, und ein urinöser Geruch lockt die betreffenden Tiere in den warmen Schlupfwinkel, wo sie, sofern sie schon andere Blüten besuchten, den aus diesen mit fortgenommenen Blütenstaub an die Narben abgeben. In der zweiten Periode verderben die auf den Narben befindlichen Wärzchen, und in der Mitte jeder derselben erscheint ein Honigtröpfchen, das die Be-



Figur 142. Blüte der Osterluzei (Aristolochia clematitis): a. vor der Befruchtung, b. nach derselben.

sucher für ihre Mühe lohnt. In der dritten öffnen sich die Staubgefäße; ihr Pollen fällt zum großen Teile in den Grund der Düte; die kleinen Besucher krabbeln, sich über und über bestäubend, in demselben herum, um endlich in der vierten, wenn die den oberen Verschluß bildenden Fäden schlaff werden und die Ränder der Blütenscheide auseinanderweichen, reichlich mit Blütenstaub behaftet, ihr zuletzt unfreiwilliges Obdach zu verlassen und eine andere im ersten Stadium befindliche Blume aufzusuchen.

Eine weitere Reihe Blumen, die H. Müller als Klemmfallenblumen bezeichnet, klemmt die besuchenden Fliegen fest und entläßt sie erst, wenn sie mit Pollen behaftet sind. Die vorhin erwähnten Stapelien haben, wie alle Asclepiadeen, besondere Klemmkörper, an denen je zwei Pollenkörner sitzen, die sich die betreffenden Tiere in der einen Blüte beim Betupfen derselben an die Rüsselhaare anheften, in der andern aber infolge der gleichen Rüsselbewegungen an die in besonderen Kammern verborgenen Narben abgeben.

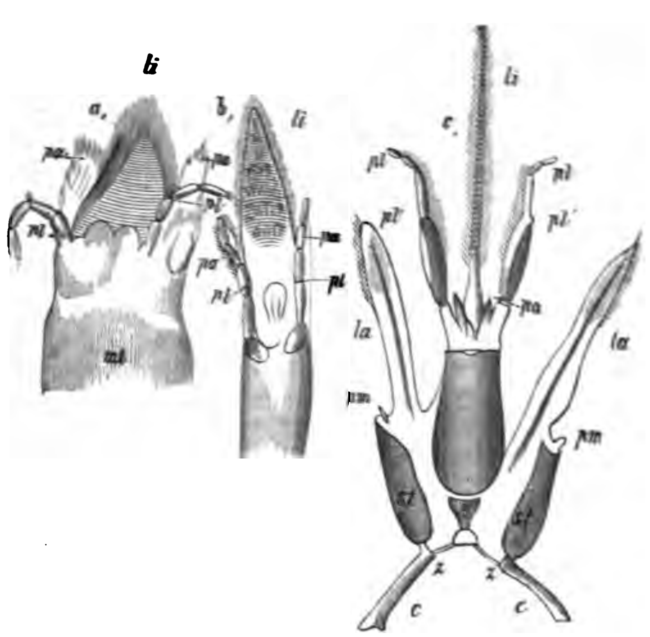
Weit höher als die Fliegen stehen bezüglich der zweckmäßigen Einrichtung ihres Körpers für Gewinnung von Blumennahrung und bezüglich ihrer Wichtigkeit für Blumenbefruchtung die Aderflügler oder wespenartigen Insekten (Hymenopteren). Der größte Teil derselben verzehrt auf der letzten Entwickelungsstufe lediglich die Produkte, welche die meisten Blumen im reichsten Maße darbieten; ja eine ziemliche Anzahl füttert auch ihre Brut damit auf. Zu den letzteren gehören vor allen die Bienen. Dieselben sind vom Anfange ihres Lebens bis zum Ende desselben lediglich auf Blumen angewiesen und tragen deshalb auch mehr als alle übrigen Insekten zur Befruchtung derselben bei. An ihnen lassen sich die merkwürdigsten Anpassungen ihrer Körperteile für Gewinnung der Blumennahrung nachweisen, während gleichzeitig auch von den Blumen die meisten nur sie allein begünstigende Einrichtungen zeigen. Kein anderes Insekt vermag z. B. unsern verschiedenen Kleearten die wohlgeborgenen Honigschätze abzugewinnen, keines die Blütenstaubmassen der Platterbsen- und Wickenarten (Lathyrus, Vicia) zu Tage zu fördern, als eben eine Biene.

Da, wie schon erwähnt, die Bienen nicht bloß selbst von den süßen Blumensäften und vom Blütenstaube leben, sondern auch ihre Brut damit auffüttern, müssen ihre Mundteile so gestaltet sein, daß sie zunächst den Blütenstaub und Honig, welcher letztere oft sehr tief versteckt liegt, gewinnen können, und nebenbei muß ihr Körper auch Einrichtungen besitzen, die erwähnten Stoffe einzusammeln und zu transportieren.

Was die Mundteile anlangt, so lassen sich bei den verschiedenen Bienenarten sehr leicht die verschiedenartigsten Anpassungen derselben an Honiggewinnung beobachten. Mustert man die einzelnen Gattungen der zahlreichen Familien durch, so findet man leicht, wie die Bienenzunge von einem ziemlich kurzen, breiten, häutigen Lappen, mit dem nur ganz oberflächlich abgesonderter Honig weggeleckt werden kann, alle möglichen Stufen bis zu einem langen fadenförmigen Gebilde durchläuft, das auch die tiefverborgensten und engsten Winkel, in denen die Blumen ihren Nektar absondern und bewahren, zu erreichen und auszubeuten vermag. (Figur 143abc).

Die für den angegebenen Zweck vollkommensten Werkzeuge haben unstreitig die unbeholfenen, brummigen Hummeln und die fleißigen Haus-

bienen (Figur 143c). Bei beiden stellt die Zunge mit den übrigen Mundteilen, die natürlich samt und sonders dementsprechende Umbildungen erfahren haben, einen Saugapparat dar, wie er zweckmäßiger kaum gedacht werden kann. Zunächst lassen sich alle an der Bildung desselben beteiligten Mundwerkzeuge — als Angeln, Zügel, Kieferladen, Zunge — drehen und mit leichter Mühe so weit vorschieben, daß der Apparat die Länge des Körpers an Größe übertrifft. Ferner bilden die beiden rinnenförmig gestalteten Lippentaster in Verbindung mit den Kieferladen durch Aneinanderlegen, resp. Übereinandergreifen ein geschlossenes Rohr, in das sich die Zunge zurückziehen läßt und durch das nun mittelst Erweiterung innerer Hohlräume, die mit dem Munde in Verbindung stehen, der an den Haarquirlen der Zunge haftengebliebene Nektar in den Mund eingesogen wird, wobei die erwähnten Haarquirle dadurch schiebend mitwirken, daß sie, von der Spitze nach aufwärts vorschreitend, sich emporrichten. Zeigt sich der lange Saugapparat bei verschiedenen Verrichtungen, wie beim Einsammeln von Blütenstaub, störend, so klappt ihn das Insekt einfach nach unten zusammen oder bringt ihn durch verschiedene Zusammenklappungen beziehentlich Einstülpungen auf einen so geringen Raum, daß er in einer Höhlung an der Unterseite des Kopfes vollständig Platz findet. Nur bei einigen ausländischen (brasilianischen) Bienen ist die Rüsselverlängerung so bedeutend geworden, daß diese Zusammenklappung zur Bergung des Rüssels an der Unterseite nicht mehr ausreicht und der hervorragende Teil sich an die Unterseite des Leibes längs der Mittellinie anlegen muß, wo er (bei Euglossa) zuweilen bis ans Ende des Hinterleibes reicht.



Figur 143: a. Zunge einer Buckelbiene, b. Zunge einer Schmalbiene, c. Zunge einer Hausbiene: li Zunge, w Endlappen derselben, pa Nebenzunge, pl Lippentaster, pl' unterstes, zur Scheide umgewandeltes Glied des Lippentasters, la Lade des Unterkiefers, pm Taster desselben, st Stamm desselben, mt Kinn, y Kinnwurzel, z Zügel, c Angel. (n. H. Müller)

Um das beschriebene Saugrohr nicht mit Honig zu verunreinigen, der nicht zusagt, probieren die vollkommenen Bienen, also Hummeln und Hausbienen, erst den dargebotenen Nektar mittelst einer ganz besonderen Vorrichtung. Bei ihnen hat sich nämlich die Chitingräte, die bei den unaus-

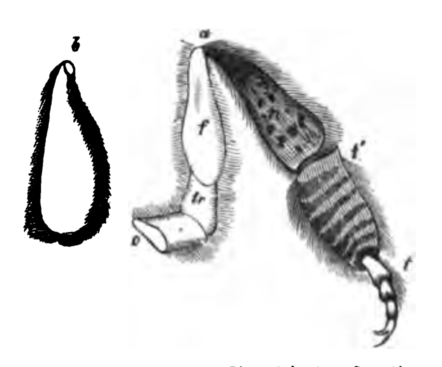
geprägten Bienen die Zunge ihrer ganzen Länge nach stützt, in ein Haarröhrchen umgebildet, das an der Zungenspitze mit offener, löffelförmiger Erweiterung frei hervortritt. Taucht dieser Zungenlöffel leicht in den Nektar ein, so steigt alsbald ein Teil desselben durch das Haarröhrchen bis in die Zungenwurzel und zu den Geschmacksorganen empor. Behagt der gekostete Honig nicht, wird der Rüssel hervorgezogen und die geringe Menge, die in das Saugrohr eingedrungen ist, mit Leichtigkeit wieder ausgestoßen.

Nicht minder entwickelt sind die Anpassungen, welche die Bienenfamilie für das Einheimsen des Blütenstaubes aufzuweisen hat. Behufs Gewinnung desselben, sowohl zur eigenen Benutzung, als auch zur Übertragung auf Blumennarben, sind die verschiedenen Bienengattungen entweder ziemlich gleichmäßig am ganzen Körper oder vorwiegend an einzelnen Teilen desselben, besonders an den Schenkeln, Schienen und Fersen der Hinterbeine, mit einfachen oder federartig verzweigten Haaren besetzt, die den Blütenstaub leicht annehmen, ebenso leicht aber — wenigstens teilweise — an die klebrigen oder rauhwarzigen Narben wieder abgeben. Eine ziemlich geringe Behaarung an den schmalen Fersen und eine noch geringere an den übrigen Körperteilen zeigen die den Uebergang von den Grabwespen zu den Blumenwespen oder Bienen bildenden Maskenbienen (Prosopis). Trotzdem, daß sie nur wenig Blütenstaub in ihr Haarkleid aufzunehmen vermögen, und trotzdem, daß sie dies auch ganz unabsichtlich thun, da sie den in den Haaren haftenbleibenden nicht verwenden, sind sie für Bestäubung der Blumen doch schon von großer Wichtigkeit, weil sie die Blumen aufs eifrigste besuchen, um für ihre Nachkommenschaft die nötige Nahrungsmenge zu beschaffen, welche aus einem Gemisch von Honig und Blütenstaub besteht, die in den Blüten verzehrt und später wieder ausgespieen werden. Die ausgeprägteren Bienen anlangend, so treten bei dem einen Zweige dieser Familie die Haare an der Bauchseite des Hinterleibes zu einem Sammelapparate zusammen, der aus schräg nach hinten stehenden starren Borsten besteht und die ganze Bauchseite gewissermaßen mit einer Bürste bedeckt, welche zum Abfegen des von unten sich darbietenden Blütenstaubes ganz besonders geeignet ist, weshalb auch Blumen, die den Blütenstaub in dieser Weise darbieten (verschiedene Korbblütler), mit Vorliebe besucht werden (Bauchsammler).

Bei dem andern Zweige findet sich der Sammelapparat vorzugsweise an den Hinterbeinen. Neben den Anfängen federiger Verzweigung der Haare, die den ganzen Körper dürftig bedecken, findet sich die erste Spur von den sogenannten Fersenbürsten bei den Buckelbienen (Sphecodes). Es sind hier nämlich die ersten Fußglieder der Hinterbeine, die sogenannten Fersen, mit kurzen, steifen Haaren besetzt, welche eine Art Borstwisch bilden, mit dem die Tiere den an den Körperhaaren hängengebliebenen Blütenstaub zusammenfegen können, um ihn ebenfalls zur Nahrung für sich und zur Fütterung ihrer Larven zu verwenden. Weit vollkommenere Fersenbürsten tragen die zahlreichen Arten der Sand- (Andrena) und Schmalbienen (Halictus), die, wenn auch nicht ausschließlich, so doch vorwiegend Blütenstaub zur Larvenfütterung verwenden, den sie in den Blüten der Hahnenfußgewächse (Ranunculaceen), Rosenblütler (Rosaceen), Kreuzblütler (Cruciferen), Weiden (Salix) durch Vermittelung ihres Haarkleides gewonnen haben. Dieses letztere hat sich aber auch zu einem ausgezeichneten Sammelapparate umgebildet, da

die Außenseiten der Hinterbeine von den Schienen bis zu den Hüften aufwärts mit besonders langen und dichten Haaren besetzt sind und außerdem sehr oft noch an der Hinterbrust zwei gewaltige Haarlocken sitzen, die ebenfalls bedeutende Blütenstaubmengen aufzunehmen vermögen.

Bei andern Gattungen, z. B. den Bürsten- (Dasypoda) und Grabbienen (Panurgus), rückt der Sammelapparat immer mehr nach den Schienen und Fersen herab, beschränkt sich also auf die Teile, aus denen der angehäufte Pollen am bequemsten und schnellsten wieder entfernt werden kann. Bei dieser Ausstattung können sie besonders die Blütenkörbchen der Cichoriaceen, einer Abteilung der Korbblütler, die vorzugsweise von ihnen besucht werden, sehr rasch ausbeuten. Eine weit allgemeiner verwendbare Form hat der Sammelapparat endlich bei den Hummeln und Honigbienen gewonnen, welche die Gewohnheit besitzen, den einzusammelnden Pollen mit Honig zu durchfeuchten, so daß er besser aneinander haftet und während der Ueberführung nicht so leicht verloren geht. Hier sind die Federhaare an den Hinterbeinen ihres Zweckes, den Pollen aufzunehmen, verlustig geworden und verkümmert, die breiten Schienen derselben aber muldenförmig vertieft und nur ringsum von steifen Borsten umzäunt (Figur 144 b). Auf diese Weise hat sich ein Körbchen gebildet, in dem sich leicht mächtige, die Zaunborsten weit überragende Ballen honigdurchtränkten Blütenstaubes transportieren lassen. Dabei tragen die Fersen eine von kurzen, steifen, reihenweise (Bienen) oder zerstreut stehenden (Hummeln) Haaren gebildete Bürste (Figur 144t'). Schon absichtslos streifen die Bienen mit den behaarten Körperteilen, dem Kopfe und Mittelleibe, beim Eindringen in die Blüten eine Menge Blütenstaub ab, den sie geschickt abbürsten und in den Körbchen unterbringen; noch mehr erarbeiten sie aber absichtlich, wenn sie mit ihren scharfen Oberkiefern die noch uneröffneten Staubbeutel aufschneiden, den Inhalt derselben mit den Vorderfüßen erfassen und von diesen an die mittlern und endlich an die hinteren Füße abgeben, welche ihn den Körbchen einverleiben, in denen er schließlich zu dicken Klumpen anwächst, die man als Höschen bezeichnet.



Figur 144: a. das rechte Hinterbein der Hausbiene von innen und hinten gesehen, c Hüfte, tr Schenkelring, f Schenkel, ti Schiene, t' erstes Fußglied mit Fersenbürste, t Fuß, b. Schiene von außen, das Körbchen zeigend. (n. H. M.)

Fast einzig und allein der Bestäubung durch bienenartige Insekten angepaßt finden wir die Schmetterlingsblütler, eine Pflanzenfamilie, zu der von krautartigen Pflanzen Erbse, Bohne, Wicke, Klee ꝛc. und von Bäumen bez. Sträuchern Goldregen (Cytissus laburnum), Blasenstrauch (Colutea arborescens), Robinie ꝛc. gehören. Die Blüten derselben haben meist eine wagerechte Lage und bieten den besuchenden Insekten Narbe und Blütenstaub von unten her dar, da Staubgefäße und Pistille sich im untersten Teile der Blüte finden und nur gegen das Ende hin etwas nach aufwärts

gerichtet sind. Diese beiden Organe hält ein kahnförmiger, aus zwei Blumenblättern gebildeter Behälter innig umschlossen — das Schiffchen, das sie gegen schädliche Witterungseinflüsse, sowie gegen solche Blütenstaub fressende Insekten verwahrt, die ihnen nicht angepaßt sind und eine Befruchtung nicht vermitteln können. Rechts und links vom Schiffchen finden sich die Flügel, d. s. die seitlichen Blumenblätter. Sie bieten den anfliegenden Bienen einen ausgezeichneten Halkepunkt dar, von dem aus sie ihre Vorbereitungen zum Aufsuchen des in der Blüte befindlichen Honigs und zum Gewinnen des Blütenstaubes treffen können. Gleichzeitig wirken sie beim Abwärtsbiegen des Schiffchens mit, wodurch die Staubgefäße oder auch der Blütenstaub allein samt dem Pistill aus ihrer Umhüllung gedrängt werden, um mit der behaarten Bauchseite der Bienen in Berührung zu treten. Zu diesem Zwecke müssen natürlich die Flügel fest mit dem Schiffchen verbunden sein. Durch die Flügel wird aber auch ferner das Schiffchen in einer bestimmten Lage zu den Geschlechtsorganen gehalten, oder es wird doch, wenn es infolge eines Druckes die Lage verlassen mußte, nach Aufhören desselben wieder in dieselbe zurückgeführt. Das letztere namentlich besorgen gewisse Lappen am Flügelgrunde, welche, bald zu elastischen Blasen angeschwellt, bald zu fingerförmigen Fortsätzen erweitert, die zu einer Säule vereinigten Geschlechtsorgane umfassen. Das oberste Blumenblatt endlich, die sogenannte Fahne, die sich während der Blütezeit gewöhnlich senkrecht aufrichtet und sich vor allem durch eine scharf hervortretende Färbung bemerklich macht, spielt die Rolle eines Aushängeschildes, das den Bienen anzeigt, wo Blütenstaub und Honig zu suchen sind. Gleichzeitig bildet es aber auch eine feste Wand, gegen welche die betreffenden Insekten den Kopf stemmen, um zur leichtern Gewinnung des Honigs mit den auf die Flügel gestützten Beinen das Schiffchen nach unten zu drücken.

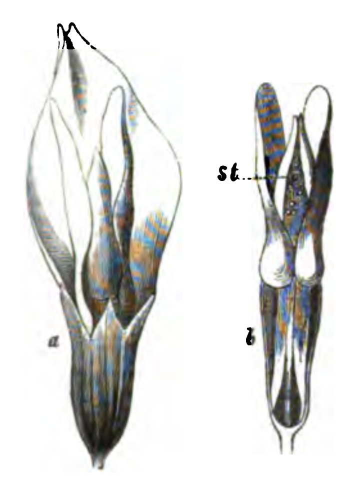
Soll durch die besuchenden Bienen Bestäubung vermittelt werden, so ist es notwendig, daß Staubgefäße und Pistille die untere Körperseite der betreffenden Tiere an der gleichen Stelle berühren, daß also dieselbe Stelle, die früher von den Staubgefäßen berührt wurde, später auch vom Pistill betupft wird. Damit dies stets geschieht, darf sich die gegenseitige Lage der Organe nicht ändern, sondern muß immer dieselbe bleiben. Dies wird durch Verwachsung der Staubgefäße zu einem Hohlcylinder erreicht, der das Pistill umschlossen hält, so daß beide nun gemeinschaftlich aus dem Schiffchen heraus- und gemeinschaftlich in dasselbe zurücktreten können.

Die Schmetterlingsblütler, die Honig absondern, was keineswegs von allen geschieht, schwitzen denselben am Grunde der Staubgefäße aus und bergen ihn in dem ringförmigen Hohlraume zwischen der Basis des Staubgefäßcylinders und des Pistills. Bis hierher müssen die Bienen mit ihrer Zunge vordringen, um ihn zu gewinnen. Soll dabei aber eine Berührung der Geschlechtsorgane der Blüte mit der Unterseite des Bienenkörpers stattfinden und dadurch eine Befruchtung herbeigeführt werden, so darf den Tieren der Zugang nur von oben her gestattet sein. Zu diesem Behufe findet sich bei allen honigabsondernden Schmetterlingsblütlern auf der Oberseite des Staubgefäßcylinders ein Spalt, der von einem einzelnen, von den übrigen getrennten Staubgefäße bedeckt wird. Indem sich nun entweder der untere Teil dieses einzelnen oder der untere Teil der verwachsenen Staubgefäße oder auch der

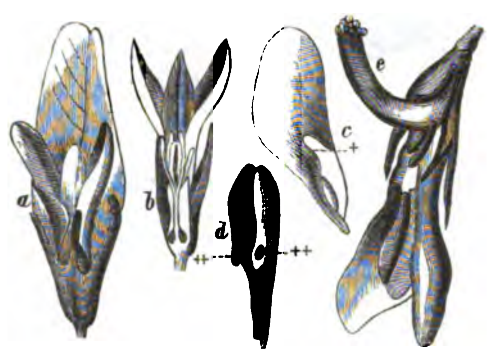
untere Teil beider zugleich auswärts biegt, entstehen am Grunde des einzelnen Staubfadens, und zwar rechts und links davon, zwei Zugänge, durch welche allein der Honig erreicht werden kann.

Will die Biene ihren Rüssel durch einen der erwähnten Zugänge in den Honigbehälter einführen, so ist sie genötigt, in der Blüte eine solche Stellung einzunehmen und solche Bewegungen auszuführen, daß zunächst die Narbe und dann der Blütenstaub mit ihrer Bauchseite in Berührung treten müssen, und daß infolgedessen durch den aus früher besuchten Blüten herstammenden Blütenstaub Kreuzung herbeigeführt werden, gleichzeitig aber Beladung mit neuem Blütenstaub eintreten muß.

Die Art und Weise, wie der Blütenstaub den besuchenden Bienen angeheftet wird, ist bei den verschiedenen Schmetterlingsblütlern verschieden. Auf die einfachste Weise geschieht es beim Klee (Figur 145). Hier zwängt



Figur 145. Blüte vom Honigklee (Trifolium repens): a. Blüte von unten gesehen, b. Blüte nach Beseitigung des Kelchs und der Fahne, (st Narbe). (n. H. M.)



Figur 146. Blüte der Luzerne (Medicago sativa): a. dieselbe von unten, b. Blüte nach Entfernung der Fahne und obern Kelchhälfte von oben, c. rechter Flügel von innen, + Aussackung, d. Schiffchen von rechts oben, so daß man von dem rechten Blatte desselben die Außenseite, von dem linken die Innenseite erblickt. + + Einsackung des Schiffchens, in welche sich die nach innen gerichtete Aussackung des betreffenden Flügels stülpt, e. Blüte nach dem Losschnellen, nachdem Fahne und obere Kelchhälfte entfernt sind, von rechts oben. (n. H. M.)

die Biene den Kopf unter die Fahne, drückt sie nach oben und gleichzeitig die Flügel, an denen sie angeklammert ist, mit dem daran befestigten Schiffchen soweit nach unten, daß die Narbe und die Staubgefäße hervortreten und nacheinander die Unterseite ihres Körpers berühren. Einzelne Kleearten, wie z. B. der rothe Wiesenklee (Trifolium pratense), haben so lange Honigröhren, daß der Honig nur von den mit den längsten Saugrüsseln versehenen Bienen, den Hummeln, gewonnen werden kann, und diese müssen hier notwendigerweise die Hauptbestäuber sein. Bei andern Schmetterlingsblütlern, z. B. dem bekannten Besenstrauch (Sarothamnus scoparius), den verschiedenen Ginster-Arten (Genista), der Luzerne (Medicago sativa), schnellen Staubgefäße und Pistill infolge eines vom besuchenden Insekte ausgehenden Druckes aus dem Schiffchen hervor, ohne jedoch wieder dahin zurückzukehren (Figur 146). Auch bei diesem Hervorschnellen treffen zuerst das Pistill, einen Augenblick später aber auch die Staubgefäße an die Unter-

seite des behaarten Insektenkörpers, und es vollzieht sich auch hier, wenn das Insekt vorher schon eine andre Blüte besucht hatte, notwendigerweise Fremdbestäubung. Obgleich nicht wenig erschreckt, eilt die Biene doch sofort zu einer andern Blüte und bewirkt durch den eben empfangenen Blütenstaub abermals Kreuzung u. s. w. Die Hemmung der Federkraft vor der Bestäubung erfolgt teils durch die verwachsenen oberen Ränder der das Schiffchen bildenden Blumenblätter, teils durch die fingerförmigen Fortsätze am Grunde derselben (Figur 146), welche die Fortpflanzungsorgane von oben umfassen. Da sich diese letzteren nach ihrem Hervorschnellen der Fahne eng anpressen, so ist eine weitere Einwirkung der Insekten geradezu ausgeschlossen, und während also bei den Kleearten ein wiederholter Bienenbesuch eintreten kann, ist hier nur ein einmaliger möglich. Noch andre Schmetterlingsblütler, wie z. B. der gehörnte Schotenklee (Lotus corniculatus), sind zum Hervorpumpen des Blütenstaubes eingerichtet (Figur 147). Hier bildet der vordere Teil des Schiffchens einen hohlen Kegel, in welchen die ihrer ersten Anlage nach in zwei Kreisen stehenden Staubgefäße den Blütenstaub dann schon entleeren, wenn die Blüte noch im Knospenzustande befindlich, also noch vollkommen geschlossen ist. Zu dieser Zeit besitzen die beiden Staubgefäßkreise, obschon sie kurz vorher sehr ungleich entwickelt waren, eine gleiche Länge. Nach Entleerung der Staubgefäße erfährt nicht bloß das Schiffchen noch eine bedeutende Streckung, sondern es verlängern sich in gleicher Weise auch die im äußeren Kreise stehenden Staubfäden und schließen, indem sie sich am obern Ende kolbig verdicken, den mit Blütenstaub vollgestopften Hohlkegel nach unten vollkommen ab, während die dem inneren Kreise zugehörenden Staubgefäße zurückbleiben und zusammenschrumpfen. Da sich an der Spitze des Hohlkegels, der außer dem Blütenstaube auch die Narbe einschließt, ein Spalt befindet, ist die Pumpeneinrichtung fertig. Nunmehr erhebt sich die intensiv gelb gefärbte Fahne fast senkrecht nach oben, und die in gleicher Weise gefärbten Flügel wölben sich nach außen, so daß die Blume von allen Seiten leicht ins Auge fällt, und an der Basis der Staubgefäße quillt süßer Nektar hervor. Jetzt ist alles zum Insektenbesuche bereit. Bald kommt auch eine Biene angeflogen, um Nektar zu suchen. Dabei hält sie sich mittelst der Hinterbeine an den Flügeln der Blüte fest und zwängt den Kopf wie gewöhnlich zwischen Schiffchen und Fahne, um mit der Zunge in einen der beiden Saftzugänge einzudringen. Infolgedessen müssen natürlich die Flügel samt dem Schiffchen abwärts gedrückt und die Staubgefäße in den mit Blütenstaub erfüllten Hohlkegel hineingepreßt werden, so daß der-



Figur 147. Blüte vom gehörnten Schotenklee (Lotus corniculatus). a. von der Seite, b. nach Entfernung der Fahne, c. nach vorsichtiger Entfernung des rechten Schiffchenblattes, d. die Fortpflanzungsorgane unmittelbar nach Abgabe des Blütenstaubes, von oben. Die vom Drucke befreiten Staubgefäße weichen auseinander. (n. H. M.)

selbe aus dem Spalte als dünne bandartige Masse hervorquillt und sich der behaarten Unterseite des Insektes anhängt. Schließlich kommt auch die Narbe aus dem Spalte heraus, um ebenfalls die Bauchseite des Tieres zu berühren. Da beim Zurückgehen in die frühere Lage die scharfschließenden Ränder des Spaltes den Blütenstaub wieder sorgfältig abstreifen und die der Narbe aufsitzenden Wärzchen erst durch das Abreiben des Blütenstaubes klebrig werden müssen, ehe die Narbe befruchtet werden kann, so wird wohl auch hier bei wiederholtem Bienenbesuche Fremdbestäubung oder Kreuzung eintreten. Bei den Wicken (Vicia, Lathyrus) (Figur 148) endlich kommt infolge eines von der anfliegenden Biene ausgeübten Druckes nur die Narbe aus dem Schiffchen hervor, kehrt aber gleichzeitig mit ihrer Oberseite, welche von abstehenden Borsten dicht besetzt ist und so eine Art Besen bildet, den Blütenstaub aus dem obern Teile des Schiffchens, in den er ausgeschüttet wurde, heraus und heftet ihn dem Insekt an. Auch hier wird durch Wärzchen, mit denen die Narbe besetzt ist und die erst nach wiederholtem Abreiben klebrig werden, die Selbstbestäubung verhindert.



Figur 148. Blüte der Wiesenblatterbse (Lathyrus pratensis): a. von der Seite, b. nach Beseitigung des Kelchs, der Fahne und der Flügel, c. Griffel von der Seite, d. von innen, vom Blütengrunde aus. (n. H. M.)

Ganz ähnliche Anpassungen, wie sie die Schmetterlingsblütler an die bei ihnen die Bestäubung vermittelnden Bienen zeigen, finden wir auch in andern Pflanzenfamilien, so bei den sogenannten Lippenblütlern (Labiaten), wie Lavendel (Lavandula), Salbei (Salvia), Gamander (Teucrium), Hohlzahn (Galeopsis) u. s. w. Die merkwürdigsten Anpassungen an bestäubende Insekten und u. a. auch an Bienen sind aber bei den Orchideen nachgewiesen worden. Eine Menge dahingehender Beobachtungen finden wir in dem Werke Darwins über die Einrichtungen zur Befruchtung britischer und ausländischer Orchideen durch Insekten. Hier mag nur eine die Orchideen betreffende Beobachtung von Crüger Platz finden, die in der Zeitschrift „Der zoologische Garten" mitgeteilt wird. Sie betrifft eine zur Gattung Coryanthes gehörige Spezies. Bei dieser Orchidee ist die Unterlippe zu einem großen eimerartigen Gefäße ausgehöhlt, in welches aus zwei übereinanderstehenden, absondernden Hörnern fortwährend Tropfen klaren Wassers herabfallen. Ist der Eimer halb voll, so fließt das Wasser durch einen Ausguß an der einen Seite ab. An der Anheftungsstelle der Unterlippe krümmt sich ein Vorsprung über den Eimer, der kammerartig ausgehöhlt ist und zwei seitliche Eingänge besitzt. Innerhalb dieser Kammer finden sich einige fleischige Leisten. Der genialste Mensch hätte sich, wenn er nicht Zeuge dessen war, was hier vorgeht, unmöglich vorstellen können, welchem Zwecke alle diese Teile dienen. Crüger sah aber, wie Mengen von Hummeln die riesigen Blüten dieser Orchideen am frühen Morgen besuchten, nicht um Nektar zu saugen, sondern um die fleischigen Leisten in der Kammer oberhalb des Eimers ab-

zunagen. Dabei stießen sie einander häufig in den Eimer, wodurch ihre Flügel so naß wurden, daß sie nicht fliegen konnten, sondern durch den vom Ausguß gebildeten Gang kriechen mußten. Oft kroch eine förmliche Prozession von Hummeln aus ihrem unfreiwilligen Bade hervor. Der Gang war aber enge und vom Säulchen bedeckt, so daß eine Hummel, wenn sie sich durchzwängte, erst ihren Rücken an der klebrigen Narbe und dann an den Klebdrüsen der Blütenstaubmassen rieb. Dadurch wurden die letzteren an den Rücken der ersten Hummel angeklebt, die zufällig durch den Gang einer kürzlich entfalteten Blüte kroch, und sie wurden fortgetragen. Flog die so ausgestattete Hummel nach einer andern Blüte, und wurde sie von ihren Genossen wieder in den Eimer gestoßen, so kam, wenn sie durch den Gang kroch, die Blütenstaubmasse notwendigerweise mit der Narbe in Berührung, und die Blüte wurde befruchtet. Jetzt erst ließ sich der volle Nutzen der wasserabsondernden Hörner und des halb mit Wasser gefüllten Eimers erkennen, der die Hummeln am Fortfliegen hindert und sie zwingt, durch den Abguß zu kriechen und sich an den passend gestellten klebrigen Pollenmassen und der klebrigen Narbe zu reiben.

Noch vollkommner als die Mundwerkzeuge der Bienen sind für Gewinnung von Blumennahrung resp. von Blumenhonig die der Schmetterlinge eingerichtet. Da diese Insekten jedoch nur ihrer selbst, nicht ihrer Brut wegen Blumen besuchen, bleiben sie aber trotzdem, bezüglich ihrer Wichtigkeit für Blumenbestäubung, weit hinter den Bienen zurück.

Ihre Mundteile beschränken sich auf ein dünnes Saugrohr von sehr verschiedener, mitunter sehr bedeutender Länge, das sich in der Ruhe spiralig zusammengerollt zwischen den Lippentastern birgt. Es ist dasselbe aus den verlängerten Unterkiefern entstanden, die sich in Gestalt von dicht gegliederten Halbrinnen zu dem Rüssel oder der sogenannten Rollzunge zusammenlegen, durch welche unter dem Einflusse pumpender Bewegungen der Speiseröhre der Blütensaft nach der Mundöffnung aufsteigt. Mit diesem einfachen Werkzeuge ist es den Schmetterlingen möglich, sowohl nahe der Oberfläche liegenden, als in tiefen Röhren versteckten Honig zu gewinnen. Ja mittelst dorniger Vorsprünge an der Rüsselspitze ritzen sie auch saftreiches Gewebe auf, um selbst den Saft solcher Blumen sich anzueignen, die keinen freien Honig absondern. Das Letztere hat man beispielsweise am Goldregen (Cytisus laburnum) beobachtet, bei dem die Fahne an ihrer Einfügungsstelle nach vorn von einem Wulste umgeben wird, der den schönsten Honig birgt. Nach einer englischen Zeitung thun am Kap der guten Hoffnung Schmetterlinge sogar den Pflaumen- und Pfirsichernten nicht selten dadurch bedeutenden Abbruch, daß sie an völlig unverletzten Stellen die Haut dieser Früchte mit dem Rüssel durchbohren, um sich den süßen Saft derselben zu nutze zu machen.

Neben den früher erwähnten Psychoden (kleinen Mücken) sind die Schmetterlinge die einzigen Insekten, die ihre Blumenbesuche nicht bloß am sonnenhellen Tage, sondern auch im Halbdunkel warmer Sommernächte ausführen. Vor allem geschieht dies von den sogenannten Schwärmern oder Sphingiden, zu denen der Ligusterschwärmer, Weinvogel, Windig &c. gehören. Den Tag über kauern dieselben träge, ja scheinbar leblos in ihrem Verstecke; sobald aber die Abenddämmerung beginnt, fangen ihre Augen an zu leuchten, sie verlassen ihre Schlupfwinkel und sausen durch die Lüfte, um einander,

d. h. die Männchen die Weibchen, und nebenbei Blumen aufzusuchen. Vor der ihnen genehmen Blume schweben sie summend, bis sie dieselbe mittelst ihrer langen Rollzunge des Honigs beraubt haben. Dann geht es in wildem Fluge weiter. Eine Anzahl Blumen hat sich ihnen angepaßt und sucht sie durch Farben, die auch im Halbdunkel hervorstechen, durch einen besonders des Abends stark hervortretenden Duft und durch reichlich abgesonderten, in tiefen Höhlen oder Spornen geborgenen Honig anzulocken. Gleichzeitig entwickeln sie Blütenstaubkörner, die entweder durch besondere Klebrigkeit ausgezeichnet oder mit spitzen Hervorragungen besetzt sind und sich infolgedessen dem Haar- und Schuppenkleide der Schmetterlinge in der einen Blüte leicht anhängen, aber ebenso leicht in der andern wieder abstreifen lassen. Jelängerjelieber (Lonicera caprifolium), die Zaunwinde (Convolvulus sepium), die weiße Lichtnelke (Lychnis vespertina) und verschiedene andere sind für die Befruchtung durch Schmetterlinge eingerichtet. Schließlich sei nur noch der merkwürdigen Befruchtung der mit Kapselfrüchten versehenen Yuccaarten durch eine Motte (Pronuba yuccasella) gedacht, welche der Staatsentomolog Mr. Riley in St. Louis in Nord-Amerika beobachtete (nach H. M. Mitteilung in der botanischen Zeitung). Diese Motte hat sich in einer bis jetzt einzig dastehenden Weise der Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe der betreffenden Pflanzen angepaßt, hängt aber auch vollständig von dem Gedeihen derselben ab.

Etwa Mitte Juni, wo sich unter der geographischen Breite von St. Louis die Yuccastöcke bis zur Blüte entwickelt haben, stellen sich auch die erwähnten Motten ein. Während des Tages sitzen sie mit zusammengelegten Flügeln, bald einzeln, bald paarweise, ganz ruhig in den halbgeöffneten Blüten, in welchen sie nicht nur durch die zusammenneigenden Blätter der glockenförmigen Blütenhülle gegen Wind und Wetter geschützt, sondern auch durch ihre Färbung den Blicken etwaiger Feinde entzogen sind; denn die silberweiße Farbe der jetzt allein sichtbaren Oberseite ihrer Vorderflügel ist ihrer weißgefärbten Umgebung so ähnlich, daß sie sich durchaus nicht von derselben abheben. Kaum ist aber die Tageshelle der Abenddämmerung gewichen, und die Blumenglocken der Yucca haben sich völlig geöffnet, die Luft weithin mit kräftigerem Wohlgeruch erfüllend, so beginnen die Yuccamotten lebendig zu werden und sowohl in den Blumen unruhig umherzulaufen, als auch von Blume zu Blume zu flattern. Auch jetzt sind sie durch die Farbe noch hinlänglich gesichert, da bei der lebhaften Bewegung der Flügel die dunkle Färbung der Hinterflügel und der Unterseite der Vorderflügel sich mit dem Silberweiß der Oberseite der letztern zu einem düstern Grau mischt. Besonders sieht man das Männchen lebhaft umherfliegen, während das Weibchen durch seinen doppelten Beruf, eine eigne Nachkommenschaft zu gründen und durch Befruchtung der Yuccablüten für Ernährung derselben zu sorgen, zu längerem Aufenthalte in den einzelnen Blüten veranlaßt wird. Bald sieht man es unruhig um die Staubgefäße und zwischen denselben herumlaufen, bald wieder still sitzen. Auf einmal nimmt es dann einen plötzlichen Anlauf und klettert an einem der nach oben keulenförmig verdickten und stark nach außen gebogenen Staubfäden empor. Kaum ist es an den mit klebrigem Blütenstaube reich beladenen Staubbeuteln angelangt, so setzt es das erste Glied seiner Kiefertaster, das

16*

außerordentlich verlängert und zu einem Greiforgane umgebildet ist, in Bewegung und faßt damit eine solche Menge Blütenstaub, als es nur zwischen den Greiforganen und den Hüften der Vorderbeine zu halten vermag, eine Menge, die oft den dreifachen Umfang des Kopfes erreicht. Diese Blütenstaubmenge trägt es, nun zur Spitze des Pistills emporkletternd, bis zur Narbe. Hier senkt es seinen Saugrüssel in die Narbenhöhle, einige Minuten lang emsig damit beschäftigt, die Feuchtigkeit derselben zu saugen und den Pollen mittelst der Greiforgane in dieselbe hinabzuschieben. Bevor es dies Bestäubungsgeschäft vollzieht, das, wie es nach den Tag und Nacht fortgesetzten Beobachtungen Rileys festzustehen scheint, weder von andern Insekten jemals vollzogen wird, noch bei der zurückgekrümmten Stellung der von der Narbe überragten Staubgefäße von selbst erfolgen kann, durchbohrt es mit seiner ungewöhnlich spitzen und harten Legscheide die Seitenwand des Fruchtknotens und legt in denselben ein Ei. Beide Operationen, das Eilegen und das Bestäuben, werden in derselben Blüte 2 bis 6 Mal, nie öfter, wiederholt. Die aus den Eiern hervorkriechenden Larven der Yuccamotte leben ausschließlich von den heranwachsenden Samen der Yuccafrüchte. Daß trotzdem der Samenertrag der Yucca nicht in Frage gestellt wird, liegt nach Riley daran, daß jede Larve nur 18 bis 20 Samen verzehrt und daher bei dem Vorhandensein von circa 200 Samen in einer Kapsel trotz der Gegenwart mehrerer Larven immer noch genug Samen übrig bleiben müssen, die Fortpflanzung der Yucca zu sichern. Selbst wenn der Fruchtknoten 6 Larven beherbergt, was weit über den mittlern Durchschnitt geht, werden immer ungefähr 100 Samen übrig bleiben. Ausgewachsen verlassen die Larven die Kapsel, gelangen an einem Faden zum Boden herab, graben sich ein und umspinnen sich mit einem Cocon, in dem sie Herbst, Winter und Frühling verbringen, um sich etwa 14 Tage vor der Blütezeit zu verpuppen und mit Eintritt derselben auszuschlüpfen. In Europa bleiben die Yuccaarten, sobald sie der Gärtner nicht selbst bestäubt, stets unfruchtbar, weil die bestäubende Motte fehlt.

Außer den Insekten mögen dann und wann wohl auch **Schnecken** die Bestäubungsvermittelung übernehmen. Delpino beobachtete, daß dies bei der zu den Asparagineen gehörigen **Rhodea japonica** der Fall sei. Der Blütenstand derselben wird von einem Kolben gebildet, an dem die Blüten in ununterbrochener Schraubenlinie dicht aneinandergedrängt stehen. Der Saum der Blütenhüllen ist ganz flach und befindet sich in gleichem Niveau mit der Spitze der Staubgefäße und Narbe. Die dickfleischige, gelbliche Blütenhülle lockt nun die Schnecken herbei und wird von ihnen verzehrt, aber ohne daß dabei den Staubgefäßen oder Pistillen irgend welcher Schaden geschieht. Notwendigerweise muß bei dieser Gelegenheit in der einen Blüte von den Schnecken Blütenstaub aufgenommen und in der andern wieder abgestreift werden. Eine weitere Bestäubung durch Schnecken wies derselbe Forscher an der zu den Aroideen gehörigen **Alocasia odora** nach. Hier ist der Kolben in seinem oberen Teile mit Staubgefäßen, im unteren mit Pistillen besetzt. Die ersteren stehen frei, die letzteren dagegen werden von der bauchigen Blätterscheide umschlossen. Anfangs ist der Eingang offen, und die Schnecken werden durch einen daraus hervorströmenden angenehmen Duft in denselben hineingelockt, um mit dem ihnen anhängenden, aus früher besuchten Blüten stam-

menden Blütenstaube die Narben zu befruchten. Ist dies geschehen, so schließt sich der Eingang in die bauchige Blütenscheide, und die Staubgefäße springen auf. Jetzt ankommende Schnecken sind nicht mehr imstande, einzudringen; sie können sich bloß mit Blütenstaub beladen, den sie nur in jüngeren Blüten mit noch offenem Zugange wieder abzugeben vermögen.

Unter unseren einheimischen Blumen sind es die Drachenwurz (Calla palustris), sowie die beiden Arten von der Goldmilz (Chrysosplenium alternifolium und oppositifolium), bei deren Bestäubung sich Schnecken zuweilen beteiligen.

Aber auch **Vögel** können zu Bestäubern werden.

In Europa ist dies nicht der Fall. Allerdings sehen wir hier oft auch Vögel von Blumen angelockt, Sperlinge vom gelben Crocus, Dompfaffen von den Primeln u. s. w., aber die Angriffe, die die betreffenden Vögel auf die erwähnten Blumen machen, sind nur feindlicher Art und bringen der Pflanze keinen Vorteil bezüglich der Bestäubung. In der tropischen und subtropischen Zone nähren sich dagegen zahlreiche kleinere Vögel, besonders den Familien der Trochiliden (Kolibris) und Nektarinen angehörig, nur von Blütennektar und von den in Blüten auftretenden kleinen Insekten, und eine Anzahl Blumen sind diesen Vögeln als Kreuzungsvermittler angepaßt. Die betreffenden Blumen zeichnen sich durch große Dimensionen, brennende, häufig scharlachrote Farben, sackartige Gestalt, wagerechte Stellung und massenhafte Honigabsonderung aus. Eine Anzahl dahin gehender Beobachtungen hat Fritz Müller in Brasilien gemacht. Er schreibt unter dem 26. August 1871 an seinen Bruder: „Ein prächtiger Kolibri, dessen schwarze Brust wie eine rotglühende Kohle aufglüht, hat mit seinem unscheinbaren Weibchen sich dieses Jahr vollständig die Alleinherrschaft über meine Abutilon angemaßt und verjagt alle andern Arten. Alle unbedeckten Pflanzen werden durch denselben befruchtet."

Daß auch **Säugetiere** das Bestäubungsgeschäft übernehmen, ist noch nicht beobachtet worden; jedoch vermutet Prof. A. Kerner, daß bei der australischen Proteacee Dryandra, deren Blüten die Umrandung eines becherförmigen, mit Nektartröpfchen besetzten Hohlraumes von 3 bis 4 Ctm. Durchmesser bilden, das Übertragen des Blütenstaubes auf die Narben durch die Schnauzen von Kängurus geschehe, die diesen Nektar lecken.

Schlußbemerkungen.

Aus den eben gemachten Darlegungen wird es verständlich, weshalb sich so verschiedene Blüteneinrichtungen herausgebildet haben. Die Form der Blüte, ihre Farbe, die gegenseitige Stellung ihrer einzelnen Teile, die Gerüche, die Nektarabsonderungen sind durchaus nichts Zufälliges, sondern mit einer gewissen Notwendigkeit gerade so, wie sie sind, nach und nach entstanden durch allmälige Anpassung an gewisse Insektenformen, die wiederum ihre Körperteile den Blumen gemäß modifizierten.

Wenn nun auch im allgemeinen bei der Mehrzahl der Pflanzen eine regelmäßige Fremdbestäubung, also Kreuzung, eintritt, so ist doch nicht zu leugnen, daß bei einer Anzahl Pflanzen auch wieder für gewöhnlich nur Selbstbestäubung resp. Selbstbefruchtung vorkommt.

Bei einzelnen Pflanzen findet man zweierlei Blüten: solche mit großen augenfälligen und solche mit kleinen unscheinbaren Blütenhüllen. Die letzteren bleiben knospenartig geschlossen, entwickeln weder angenehme Düfte, noch sondern sie Nektar ab und befruchten sich ausschließlich selbst (kleistogamische Blüten). Gewöhnlich senden hier die Pollenkörner ihre Schläuche schon aus, wenn sie sich noch innerhalb der Antheren befinden. Diese letzteren Blüten sorgen besonders dann für Erhaltung der Art, wenn auch durch sparsamere Samenbildung, sobald bei ersteren infolge mangelnden Insektenbesuchs die Bestäubung resp. die Befruchtung und die darauf erfolgende Samenbildung ausbleibt.

Kleistogame Blüten zeigen der gemeine Sauerklee (Oxalis acetosella), verschiedene Veilchenarten, der stengelumfassende Bienensaug (Lamium amplexicaule) u. a.

Sowie die Bestäubung erfolgt ist, treten sowohl im Fruchtknoten als auch in den Pollenkörnern verschiedene Wachstumsvorgänge und infolgedessen Veränderungen ein, die zunächst die Befruchtung und damit die Bildung von Same und Frucht herbeiführen. Durch die Fruchtbildung können aber auch Umbildungen in andern Blütenteilen, z. B. am Kelche, an der Blütenachse, an den Hochblättern, ja am ganzen Blütenstande herbeigeführt werden.

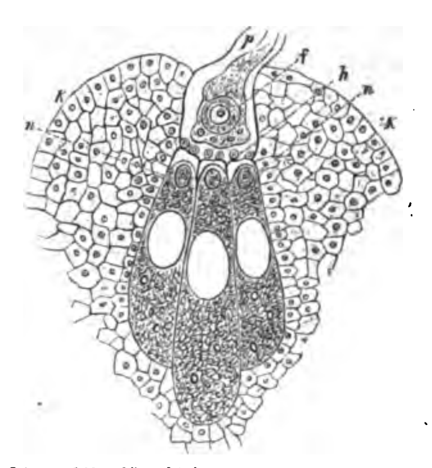
Die Befruchtung und Keimbildung der Gymnospermen (Archispermen).

Der Befruchtungsvorgang selbst erfolgt bei den Samenpflanzen, den beiden großen Abteilungen derselben, den Gymnospermen (Archispermen) und Angiospermen (Metaspermen) entsprechend, nach zwei verschiedenen Typen, von welchen der erstere sich den Befruchtungsvorgängen der höheren Kryptogamen oder Sporenpflanzen anschließt, während der letztere sich von diesen immer weiter entfernt und gewissermaßen in der ganzen Reihe der pflanzlichen Befruchtungsvorgänge das Schlußglied bildet.

Die Gymnospermen umfassen außer den auch bei uns vielfach vertretenen, ja den Hauptbestandteil unserer Wälder bildenden Koniferen, noch die Cykadeen und Gnetaceen. Sprechen wir hier nur von den bekanntesten, den Koniferen, welche von uns gewöhnlich als Nadelhölzer bezeichnet werden, obwohl die Belaubung nicht durchgängig eine nadelförmige ist.

Die Koniferen besitzen ohne Ausnahme getrenntgeschlechtige (diklinische) Blüten. Die männlichen stellen zapfen- oder kätzchenähnliche Bildungen dar, die aus einer verlängerten Achse bestehen, an welcher die schildförmigen Staubblätter mit ihren an der Unterseite befindlichen Pollenbehältern spiralig angeordnet sind. Der Pollen, der hier vor der Verstäubung zweizellig wird, indem die ursprünglich eine Zelle sich durch eine Querwand in eine große und eine kleine Zelle teilt, besitzt rechts und links zwei lufthaltige, blasige Anhänge, eine Art Windsäcke, die für seine Verbreitung in der Luft durch den Wind sehr vorteilhaft sind. Die weiblichen Blüten stehen meistens in Zapfen, finden sich aber auch einzeln am Ende eines Achselsprosses. Sie bestehen, wie bei der Eibe (Taxus), nur aus einer einzigen nackten, oder, wie bei der Kiefer (Pinus) und anderen, aus zwei einer sogenannten Fruchtschuppe aufliegenden Samenknospen. Dieselben sind in der Regel gerade (atrop) und besitzen nur eine Knospenhülle (Integument), die sich nach vorn trichterförmig verlängert, um den Knospenmund oder die Mikropyle (s. S. 128) zu bilden, die das

Pollenkorn oder vielmehr den daraus hervorgehenden Pollenschlauch aufnehmen soll. Der von der Hülle umschlossene Kern der Samenknospe besteht aus ziemlich kleinen Zellen, von denen sich aber sehr bald eine einzelne unverhältnismäßig vergrößert, und zum Embryosack (Figur 149) wird, der sich schon lange vor der Geschlechtsreife zunächst durch freie Zellbildung und dann durch darauffolgende Zellteilung mit einem Gewebe erfüllt, das man Endosperm nennt. Schließlich vergrößern sich im Embryosacke und zwar in dem nach der Spitze desselben zu gelegenen Teile mehrere Zellen ganz besonders und nehmen dabei eine flaschenförmige Gestalt an. Es sind dies die früher als **Corpuscula** bezeichneten Gebilde, von denen aber Straßburger nachgewiesen hat, daß sie bez. ihrer Entstehung, Bildung und Funktion völlig mit den Archegonien der höheren Sporenpflanzen übereinstimmen, und die daher jetzt auch mit dem gleichen Namen belegt werden.



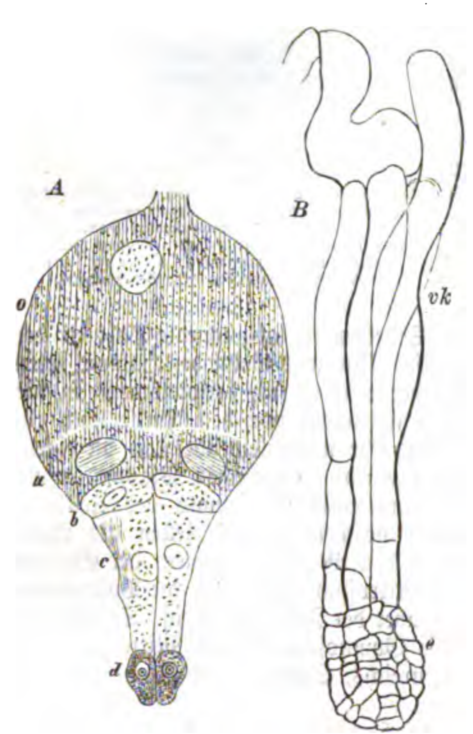
Figur 149. Längsschnitt durch den Embryosack vom virginischen Wachholder (Iuniperus virginiana). p. Ende des in die Mikropyle eingedrungenen Pollenschlauchs, im Protoplasma desselben ein größerer Zellkern f, h Halszellen der Archegonien, n Zellkern derselben, k Endospermgewebe. (n. Straßburger).

Von diesen Archegonien findet sich nach ihrer völligen Ausbildung der Bauchteil stets in das Endosperm eingesenkt, während der zuletzt durch eine Scheidewand abgetrennte Halsteil dem Scheitel des Embryosackes zugerichtet ist. Übrigens bleibt der Halsteil selten einzellig; bei dem virginischen Wachholder teilt er sich beispielsweise in vier Zellen. Vom Bauchteile gliedert sich unmittelbar vor dem Halse noch eine kleine Zelle als Kanalzelle ab, während der übrigbleibende Teil die eigentliche Eizelle bildet. Dieselbe ist von einem feinkörnigen Plasma erfüllt, zeigt in der Regel mehrere Vacuolen und entbehrt niemals des Zellkerns.

Sieht man die vorhin erwähnten flaschenförmigen Zellen als Archegonien an, so müssen die Samenknospen den Makrosporangien, der Embryosack der Makrospore, die Antheren den Mikrosporangien und die Pollenkörner den Mikrosporen entsprechen. Ist dies aber der Fall, wie Prof. Straßburger wirklich nachgewiesen hat, so bilden die Gymnospermen ein Mittelglied, das die beiden großen Gruppen des Pflanzenreichs, Sporen- und Samenpflanzen, ganz naturgemäß miteinander verbindet.

Die Pollenkörner, die, wie schon früher (Seite 229 Anmerk.) bemerkt, durch einen Flüssigkeitstropfen an die Spitze des Knospenkerns herangezogen werden, stülpen aus der größeren Zelle einen Pollenschlauch hervor, der in das Gewebe des Knospenkerns eindringt. Merkwürdigerweise findet er aber die Archegonien noch nicht zur Befruchtung bereit. Dieselben sind jetzt noch gar nicht vollständig ausgebildet, d. h. es haben sich die vorhin schon erwähnten Teilungen in Hals-, Kanal- und Eizelle noch gar nicht vollzogen. Der Pollenschlauch verändert sich daher vorläufig nicht mehr, sondern verharrt so lange — meistens einige Wochen oder Monate bis ein ganzes Jahr — in einem

Ruhezustande, bis die völlige Ausbildung des Archegoniums erfolgt ist, um nunmehr erst zu den Eizellen vorzudringen. Bei den Tannen- und Taxusgewächsen (Abietineen und Taxineen) befruchtet der Pollenschlauch nur je ein Archegonium; daher dringen in der Regel gleichzeitig mehrere Pollenschläuche bis zu diesen vor. Bei den Cypressengewächsen (Cupressineen) dagegen genügt für die ganze Archegoniumgruppe ein einziger Pollenschlauch, der sich breit über die Halsteile sämtlicher Archegonien weglegt und nur verschiedene Auswüchse in die einzelnen Hälse hineintreibt. Die befruchtende Substanz dringt hierauf durch die Wand des Pollenschlauchs in die Eizelle hinüber. Infolge davon verdichtet sich nun der Inhalt der Eizelle; die an der Spitze des Pollenschlauchs vorhanden gewesenen kleinen Kerne verschwinden und formieren sich innerhalb der Eizelle, und zwar an der Spitze derselben, zu einem neuen Kerne (dem Spermakern), der endlich mit dem ursprünglichen Zellkerne der Eizelle verschmilzt. Nachdem die Verdichtung des Plasmas, namentlich im untern Teile der Eizelle, noch weiter vorgeschritten ist, wandert der Zellkern dahin und teilt sich in vier Kerne. Bald darauf trennt sich auch der betreffende Teil durch eine Wand von dem darüberliegenden Teile ab und zerfällt durch eine Längs- und darauf folgende Querteilung in vier Zellen. Durch weitergehende Zellteilungen entstehen endlich mehrere nebeneinander liegende Zellreihen, die sogenannten Vorkeime, welche deutlich drei übereinander befindliche Zelletagen erkennen lassen (Figur 150 A). Dadurch, daß sich die Zellen der mittlern Etage in lange Schläuche ausstrecken (Figur 150 B), werden die Endzellen tief in das Endosperm hineingeschoben. Hier trennen sich dieselben entweder, und eine jede bildet einen besondern, oder aber es bilden alle zusammen einen einzigen Embryo.*) Mit der Ausbildung desselben geht das Wachstum des Endo-



Figur 150: A Embryo der Zwergkiefer (Pinus pumilio): o Eizelle, abc Zellen des Vorkeimes, von denen die mit c bezeichneten zu langen Schläuchen werden, d Mutterzelle des Embryo; B Etwas älterer Zustand: vk Vorkeim, e Embryo (n. Str.)

*) Die Bildung mehrerer Keime, die Polyembryonie, ist in der Regel nur der Anlage nach vorhanden, denn von den angelegten Embryonen bildet sich selten mehr als einer zu einem wirklichen Keime aus.

sperms Hand in Hand, dessen Zellen sich mit Reservestoffen erfüllen. Das Gewebe des Knospenkerns wird durch den das Endosperm umgebenden Embryosack verdrängt, das Gewebe seiner Hülle aber erhärtet zur Samenschale. Von den Vorkeimschläuchen ist später nichts mehr zu bemerken.

Bei der Reife liegt der Keim gerade gestreckt in der Mitte des Endosperms; sein Achsenkörper, der unmittelbar unter seinem rundlichen Scheitel mit zwei oder mehreren quirlig stehenden Kotyledonen besetzt ist, geht nach hinten unmittelbar in die Anlage der Hauptwurzel über.

Während der Samenreife treten nun auch an den den Samen äußerlich anhängenden Teilen noch verschiedene Veränderungen ein. Beim Taxus umwächst ein später rot und fleischig werdender Samenmantel den reifenden Samen und wird zu einer Art oben offenen Bechers. Beim Wachholder und Sadebaum bilden sich die Fruchtblätter zur blauen Beere aus; bei andern Cypressengewächsen wachsen sie so weit heran, daß sie seitlich zusammenschließen, um dann zu verholzen; bei der Kiefer, Fichte, Tanne, Ceder rc. endlich wachsen die Fruchtschuppen, an denen die Samenknospen saßen, die eigentlichen Fruchtblätter überholend, mächtig heran, verholzen endlich und bilden einen Zapfen.

Befruchtung und Samenbildung der Angiospermen (Metaspermen).

Während bei den Gymnospermen die Samenknospen offen zu Tage liegen, sind dieselben bei den Angiospermen stets in einen Fruchtknoten eingeschlossen, auf dessen Narbe die Auskeimung des Pollens und die Entwicklung der Pollenschläuche stattfindet. Die Mehrzelligkeit der Pollenkörner, die bei den Gymnospermen deutlich hervortritt, ist hier nur noch angedeutet, und zwar insofern, als neben dem Hauptzellkerne noch ein zweiter kleinerer, gewissermaßen als Vertreter einer zweiten kleineren Zelle, vorhanden ist. Beide Zellkerne treten bei der Auskeimung des Pollens in den Schlauch über. Die Auskeimung des Pollenkornes erfolgt nicht an jeder beliebigen, sondern an besonders vorgebildeten Stellen, deren eine oder mehrere vorhanden sein können. Sind mehrere vorhanden, können auch mehrere Schläuche austreten. In der Regel wächst aber nur ein einziger kräftig fort. Da die Narbe gewöhnlich durch einen mehr oder weniger langen Griffel von dem Fruchtknoten getrennt ist, so muß der Pollenschlauch, um zur Samenknospe zu gelangen, zuvor den Griffel durchsenken. Bei dem Vorhandensein eines Griffelkanals tritt er in diesen ein und wächst in demselben herab. Im soliden Griffel durchsetzt er einfach das die Griffelaxe erfüllende leitende Gewebe. Im Fruchtknoten angelangt, sind die Samenknospen bez. der Knospenmund, (die Mikropyle) unschwer zu finden. Entweder liegt derselbe so dicht am Grunde des Griffels, daß ihn der herabwachsende Schlauch gar nicht verfehlen kann, oder es sind besondere Einrichtungen getroffen, ihn unmittelbar darauf hinzuführen. Bald geschieht dies durch Haarbüschel, bald durch zapfenförmige Wucherungen, bald durch andere ähnliche Mittel.

Zur Befruchtung der in einem Fruchtknoten vorhandenen Samenknospen ist die gleiche Zahl Pollenschläuche nötig, da jede Samenknospe zu ihrer Befruchtung einen Pollenschlauch aufnehmen muß. In der Regel dringen aber mehr Pollenschläuche ein, als Samenknospen vorhanden sind.

Wo die Samenknospen sehr zahlreich auftreten, ist gewöhnlich auch die Zahl der eindringenden Pollenschläuche eine sehr große.

Die Zeit, welche zwischen dem Beginne des Auskeimens eines Pollenkornes auf der Narbe und dem Eintritte seines Schlauches in eine Samenknospe mitten innen liegt, ist von sehr verschiedener Länge. Sie hängt mehr von besonderen Eigentümlichkeiten der betreffenden Pflanzen, als von der Länge des zu durchsenkenden Griffels ab. Bei Crocus vergehen 1 bis 3 Tage, beim gefleckten Aron mindestens 5 Tage, bei den Orchideen Wochen und Monate. Bei den letzteren werden während dieser Zeit die Samenknospen erst angelegt oder wenigstens weiter ausgebildet.

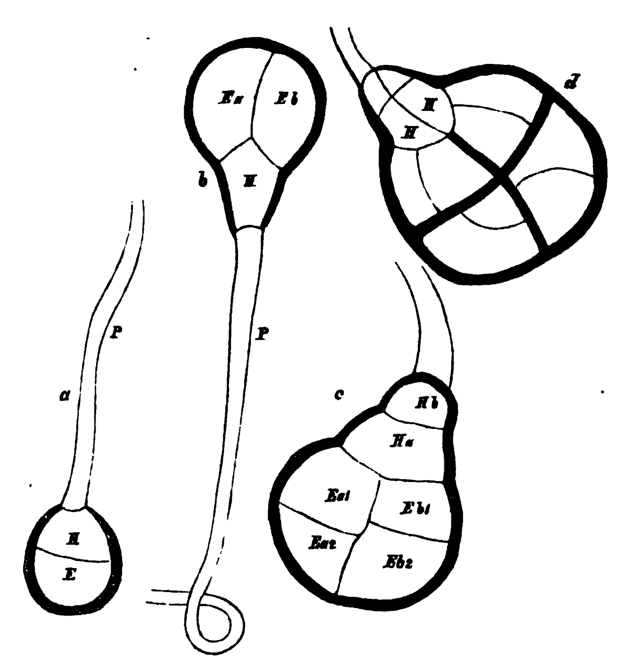
In dem Kerne der Samenknospen wird, ganz wie bei den Gymnospermen, eine Zelle durch bedeutende Vergrößerung zum Embryosack. Schon vor der Befruchtung verdrängt dieser das ihn umgebende Gewebe des Knospenkernes soweit, daß er nur noch von einer ganz dünnen Lage desselben umgeben bleibt, oder mit der inneren Hülle des Knospenkernes selbst in Berührung kommt, während er am Scheitel frei hervortritt und in die Mikropyle hineinragt. Anfangs enthält der Embryosack nur einen Zellkern, der ziemlich in der Mitte zwischen den beiden Pollen der langgestreckten Zelle gelegen ist. Später tritt eine Teilung desselben ein, und ein jeder der beiden neuentstandenen Kerne wandert nach einem Pole zu. In der Nähe desselben erfolgt eine zweite und eine dritte Teilung des Zellkerns, so daß auf jeder Seite vier Kerne entstehen. Drei von diesen Kernen werden zu Primordialzellen, die beiden vierten Kerne jeder Seite bewegen sich aber gegeneinander, um zu einem Zellkerne zu verschmelzen (Figur 151 A).

Figur 151. A Embryosack aus der Samenknospe vom Sumpfdreizack (Triglochin palustre), B Befruchtung der einblättrigen Taglilie (Funkia ovata), nur der Mikropylenteil des Embryosackes ist gezeichnet, p Pollenschlauch, o Eizelle, g Gehülfinnen, a Gegenfüßler (n. Fischer u. Straßb.)

Die drei am Scheitel befindlichen Zellen bilden den Eiapparat, die am entgegengesetzten Ende liegenden, die sogenannten Gegenfüßler (Antipoden) spielen keine weitere Rolle und sind vielleicht als Vorläufer der Endospermbildung anzusehen. Von den drei an der Mikropyle gelegenen Zellen beteiligen sich die beiden vordern nur in einer die Befruchtung fördernden Weise, sind also Gehülfinnen bei derselben (Synergiden), während der hintern Zelle allein die Rolle der Eizelle oder des Eies zukommt. Langt der Pollenschlauch an dem Scheitel des Embryoschlauchs an, so legt er sich zunächst an die Gehülfinnen fest an und bohrt sich schließlich zwischen sie ein. Die Folge davon ist, daß im Inhalte derselben verschiedene Änderungen vor sich gehen und sie endlich ihre Contour und Gestalt verlieren, also förmlich zerfließen. Einen Teil ihrer Substanz nimmt die Eizelle auf, die von jetzt ab eine zarte Zell-

haut erkennen läßt. An der Eizelle angekommen, entleert der Pollenschlauch allmählich seinen Inhalt in dieselbe. In einigen Fällen, z. B. bei verschiedenen Orchideen und bei dem Fichtenspargel, beobachtete Prof. Straßburger, dem wir die eingehendste Untersuchung dieser Vorgänge verdanken, daß nach Übertragung des Polleninhaltes auf das Ei in demselben zwei Zellkerne nebeneinander sichtbar wurden, die bald miteinander verschmolzen. Er meint, daß sich die in der Spitze des Pollenschlauchs befindlich gewesene Kernsubstanz des Pollenkorns in der Eizelle zunächst zum Spermakern forme und dieser sich dann mit dem Eikern vereinige.

Nach der Befruchtung, die infolge der beschriebenen Vorgänge als vollzogen angesehen werden muß, entsteht durch wiederholte Teilung aus der Eizelle zunächst ein wenig- bis vielzelliger Zellfaden, der Vorkeim (Proembryo). Die Endzelle desselben rundet sich kugelig ab und wird in der Richtung des Fadens geteilt. Hiermit beginnt die Bildung des eigentlichen Embryo, indem nämlich aus der betreffenden resp. den betreffenden Endzellen durch rasch wiederholte Zweiteilungen allmählich ein kugeliger oder eiförmiger kleinzelliger Gewebekörper (Figur 152) hervorgeht, an dem später die Kotyledonen als erste Blattgebilde auftreten, während an der Grenze zwischen Vorkeim und Embryo die erste Wurzel angelegt wird. Nicht in allen Pflanzen erreicht dieser Embryo sofort eine gleich hohe Ausbildung, bei manchen bleibt er vielmehr ganz unentwickelt. Dann tritt schon nach wenigen Zellteilungen in seinem Wachstum ein Stillstand ein, und dasselbe setzt sich erst dann wieder fort, wenn das den unentwickelten Embryo einschließende Samenkorn zur Keimung angeregt wird.



Figur 152. Entwicklung der Eizelle zum Embryo von der Epheu-Sommerwurz (Orobanche Hederae): a—d aufeinanderfolgende Entwicklungsstufen, P Vorkeime (Proembryo), H das Bindeglied zwischen Embryo und Vorkeim, die Hypophyse, E erste Embryonalzelle, die sich nun weiter teilt. Die Teilungen sind mit a, b resp. mit 1, 2 bezeichnet. (n. Koch in Pringsh. Jahrb.).

Während der Umwandlung der Eizelle in den Vorkeim, ja oft noch vor derselben, beginnt die Bildung des Endosperms, indem (bei allen Monokotyledonen und den meisten Dikotyledonen) durch freie Zellbildung anfangs kugelige und zusammenhangslose Zellen entstehen, die sich später durch Teilung ver-

mehren und sich endlich zu einem Gewebe zusammenschließen, das den von der Eizelle freigelassenen Raum im Embryosacke ausfüllt und Nährstoffe aufnimmt. Bei einigen Pflanzenfamilien bleibt die Endospermbildung jedoch rudimentär, wie z. B. bei den Froschlöffelgewächsen (Alismaceen), Orchideen &c. Während der Bildung des Endosperms nimmt der Embryosack immer an Umfang zu und verdrängt infolgedessen das Gewebe des Knospenkernes, das ihn vielleicht noch teilweise umgiebt, fast vollständig, so daß er unmittelbar unter die innere Knospenhülle zu liegen kommt. Nur in einzelnen Fällen, besonders dann, wenn das Endosperm nicht zur Entwicklung kommt, bleibt das Gewebe des Knospenkerns ganz oder teilweise erhalten, füllt sich mit Nahrungsstoffen und spielt dieselbe Rolle wie das Endosperm, d. h. es dient als Reservestoffbehälter für den Keim. Man kann dies besonders bei den Gewürzlilien (Scitamineen), z. B. bei dem in unseren Gärten so beliebten indischen Blumenrohr (Canna indica) beobachten.

In dem Maße, wie das Endosperm umfänglicher wird und die Keimbildung weiter fortschreitet, bilden sich aus den Knospenhüllen die Samenschalen.

Bei vielen Angiospermen bleibt der Embryo klein. Er wird in diesem Falle entweder ganz vom Endosperm umhüllt oder liegt demselben seitlich an. Das Endosperm erscheint dann bald als der mehlige oder fettige Kern des reifen Samens, bald als eine hornartige, ja nicht selten selbst als eine steinartige Masse. In jedem Falle enthält es aber eine Menge Nährstoffe, die während einer spätern Keimung sich auflösen und zur Neubildung von Zellen Verwendung finden. (Im Getreidekorn ist das Endosperm mehlig, in der Kaffeebohne hornartig, in der Elfenbeinnuß steinhart. Letzteres giebt das sogenannte vegetabilische Elfenbein.)

Bei einer Anzahl anderer Angiospermen, nämlich in zahlreichen Dikotyledonen-Familien werden aber die ersten Blätter des Embryo, die Keimblätter oder Kotyledonen, noch vor der Samenreife zu so umfänglichen Gebilden, daß sie das schon gebildete Endosperm wieder verdrängen und den vom Embryosack und von der Samenschale umschlossenen Raum allein erfüllen. Nichtsdestoweniger bleiben aber die übrigen Teile des Embryos, der Achsenteil und die zwischen den Keimblättern gelegene Knospe, klein und unbedeutend. In diesem Falle häufen sich die sonst im Endosperm enthaltenen Reservestoffe, wie Stärkemehl, Fett, protoplasmatische Substanz, in den Keimblättern an, um ebenfalls während der Entfaltung der Keimteile verbraucht zu werden. Zu den Pflanzenfamilien, die des Endosperms ganz entbehren, gehören die Korbblütler (Kompositen), Schmetterlingsblütler (Papilionaceen), Kürbisgewächse (Cucurbitaceen) u. a.

Bei einigen Angiospermen, z. B. bei der Funkia ovata, tritt zuweilen die merkwürdige Erscheinung auf, daß sich im gereiften Samen mehrere Embryonen finden. Es ist dies um so merkwürdiger, als in den betreffenden Fällen immer doch nur eine Eizelle zur Befruchtung vorgelegen hat. Prof. Straßburger erklärt dies dadurch, daß zuweilen einige der Eizelle nahe gelegene Zellen des Knospenkerns einen lebhaften Teilungsprozeß beginnen, sich als mehrzellige Höcker in den Embryosack hineinwölben, die befruchtete Eizelle bei Seite schieben und sich neben und mit dieser zu Embryonen ausbilden. Diese letzteren bezeichnet er im Gegensatz zu den geschlechtlich erzeugten

als Adventivembryonen. Die Erscheinung der Polyembryonie ist somit eigentlich nichts Anderes, als eine Sproßbildung, wie sie z. B. an manchen Blättern auftritt, nur mit dem Unterschiede, daß die Sprosse im Embryosacke zur Ruhe bestimmte Keimlinge, die an jenen Blättern entstehenden fortwachsende Stengelgebilde (Senker) erzeugen.

In ganz ähnlicher Weise wird uns von dem obengenannten Forscher auch der noch seltenere Vorgang der parthenogenetischen Embryobildung erklärt.*) Die Parthenogenesis hatte man neben Polyembryonie schon längst an einem Wolfsmilchgewächs (Euphorbiacee), der Caelobogyne ilicifolia beobachtet und hatte es schier unerklärlich gefunden, daß hier bei völliger Abwesenheit männlicher Blüten ganz ohne Hinzutreten von Pollenschläuchen im Embryosacke keimfähige Embryonen, also überhaupt keimfähige Samen erzeugt werden. Professor Straßburger fand bei dieser Pflanze im Embryosacke ebenfalls jene adventive Höckerbildung. Es gehen die Embryonen in diesem Falle mithin nicht aus den Eizellen hervor, sondern sind adventive Embryonen.

Bastardbefruchtung (Hybridation).

Bisher wurde nur von der Vereinigung der Geschlechtszellen einer und derselben Art bez. Unterart gesprochen. Die Erfahrung lehrt aber, daß sich auch Pflanzen verschiedener Unterarten, Arten, ja selbst Gattungen miteinander erfolgreich geschlechtlich verbinden können. Eine solche Verbindung nennt man Bastardierung oder Hybridation, das Produkt derselben aber Bastard, auch wohl Blendling. Streng genommen versteht man allerdings unter Blendling einen geschlechtlich erzeugten Mischling aus verschiedenen Unterarten, Rassen oder Varietäten innerhalb des Formenkreises einer einzigen Art. Da aber eine feste Grenze zwischen Rasse und Art nicht gezogen werden kann, läßt sich auch eine scharfe Unterscheidung zwischen Bastard und Blendling nicht machen. Trotzdem wird man aber nicht umhin können, sich dem allgemeinen Sprachgebrauche so viel als möglich anzuschließen. Darnach sind Blendlinge geschlechtlich erzeugte Mischlinge zwischen nahe verwandten, Bastarde solche zwischen wesentlich verschiedenen Formenkreisen. Bastarde wie Blendlinge faßt man auch unter dem Namen Hybride zusammen. Samenbeständige Rassen endlich, die aus Bastarden hervorgegangen sind, nennt man Blendarten.**)

Die Fähigkeit, sich gegenseitig zu befruchten, kommt den Geschlechtszellen nahe verwandter Arten oder verschiedenen Rassen einer und derselben Art sehr häufig zu. Doch soll damit nicht gesagt werden, daß verschiedene Pflanzen, die fähig sind, Hybriden miteinander zu erzeugen, dergleichen auch in der Natur erzeugen müßten. Sobald die weiblichen Organe einer Pflanze überreichlich mit dem Pollen der eignen Art versorgt werden, vermag der fremde Pollen nicht wirksam zu werden. Der eigne wirkt stets schneller und verdrängt, selbst später aufgebracht, den fremden. Es ist dies nur dann

---

*) Unter Parthenogenesis versteht man die Erscheinung, bei welcher die Bildung keimfähiger Samen ohne vorhergängige Befruchtung eintritt.

**) Focke, W. O., Die Pflanzen-Mischlinge, Berlin 1881, welches Werk in der Hauptsache als Quelle für das Folgende gedient hat.

nicht immer der Fall, wenn der Blütenstaub von zu nahe verwandten Geschlechtszellen, also von denen der eigenen Blüte, abstammt.

Auf den ersten Blick erscheint es, als ob durch die Diklinie die Hybridation ganz besonders erleichtert werde. Finden wir ja bei den zweihäusigen Weiden (Salix) Unmassen von Bastarden. Es zeigt jedoch die Erfahrung, daß dies nicht durchgängig der Fall ist.

In großen Pflanzenfamilien, die einen sehr gleichförmigen Bau haben, kommen Bastarde ziemlich selten vor. In hohem Grade zeigen dies die Dolden- und Schmetterlingsblütler, in minderem die Kreuz- und Lippenblütler. Sehr zahlreich sind Bastarde dagegen wieder unter den Korbblütlern. Überhaupt ist die Fähigkeit, Bastarde zu bilden, in den verschiedenen Pflanzenfamilien sowohl, als unter den Gattungen und Arten einer Familie, sehr verschieden. Unter den Familien, die eine sehr große Neigung zur Bastardbildung haben, sind von den einheimischen zu nennen: die Rosenblütler, Korbblütler, Heidegewächse, Weidengewächse, Knabenkräuter, Rachenblütler, von exotischen die Gesneriaceen, Amaryllideen, Begoniaceen, Passifloreen, Cacteen, Sarraceniaceen, Nepentheen. Häufig liefern aber auch die Ranunkel-, Nachtkerzen-, Nachtschatten-, Steinbrech-, Krappgewächse Bastarde. In einigen Familien haben die einzelnen Gattungen sehr große Unterschiede in der Neigung wie in der Befähigung zur Bastardbildung. Während z. B. unter den Storchschnabelgewächsen der Kranichschnabel (Pelargonium) sehr zahlreiche Bastarde bildet, sind vom Storch- (Geranium) und Reiherschnabel (Erodium) keine bekannt. Unter den Schwertelgewächsen ist Gladiolus außerordentlich, Iris nur innerhalb bestimmter Grenzen, Crocus gar nicht zur Bastardbildung geneigt. Unter den Nelkengewächsen bastardiert die Gattung Nelke (Dianthus) sehr leicht, die Gattung Lichtnelke (Silene) nur gering.

Unter den Kreuzblütlern sind Wasserkresse (Roripa) und Hungerblümchen (Draba), unter den Steinbrechgewächsen Steinbrech (Saxifraga), unter den Lippenblütlern Minze (Mentha), unter den Malvengewächsen Abutilon dem Anscheine nach ganz besonders zu Kreuzungen fähig; von einzelnen dazu besonders geneigten Gattungen wären etwa noch Verbene und Wunderblume (Mirabilis) zu nennen. Vom Mohn (Papaver) bilden sich in der Natur nur selten Bastarde von selbst, während sich künstlich solche zwischen sehr verschiedenen Arten hervorrufen lassen.

Geringe Neigung zur Hybridation zeigen außer den schon erwähnten Schmetterlingsblütlern und Doldengewächsen die Winden-, Wegebreit-, Melden-, Nessel-, Liliengewächse und die Halbgräser. Zu den Gattungen, denen Bastarde überhaupt fehlen, gehören Schwarzkümmel (Nigella), Hornmohn (Glaucium), Rauke (Sisymbrium), Storch- und Reiherschnabel (Geranium und Erodium), Spindelbaum (Evonymus), Klee (Trifolium), Tragant (Astragalus), Wicke (Vicia), Fetthenne (Sedum), Scabiose, Schwarzwurz (Scorzonera), Wintergrün (Pirola), Strandnelke (Statice), Wegetritt (Plantago), Gänsefuß (Chenopodium), Lauch (Allium), Safran (Crocus).

Focke will es scheinen, als ob Gattungen mit mehr oder minder seitlich symmetrischen (zygomorphen) Blüten, sobald sie zu Familien gehören, in denen die strahlige oder regelmäßige (aktinomorphe) Blütenform vorherrscht, ganz besonders zur Bastardbildung geneigt seien. Er weist dabei auf Pelargonium unter den Storchschnabelgewächsen, Gladiolus unter den Schwerteln

hin. Dann erinnert er aber auch wieder an das ebenfalls große Neigung zur Bastardbildung verratende Wollkraut (Verbascum) und die Minze (Mentha), bei denen der entgegengesetzte Fall stattfindet, indem sie fast regelmäßig sind, aber zu Familien mit in der Hauptsache seitlich symmetrischen Blüten gehören. Überhaupt meint er, daß große Gleichförmigkeit im Blütenbau, wie sie sich durch übrigens formenreiche Pflanzenfamilien verbreitet finde, die Bastardbildung hindere, während Veränderlichkeit in demselben innerhalb der Grenzen einer Gattung oder einer Gruppe von Gattungen die Bastardbildung fördere. Die bez. ihrer Blüten so vielgestaltigen Gattungen Ciströschen (Cistus), Schiefblatt (Begonia), Heide (Erica), Narzisse (Narcissus) sind erfahrungsgemäß reich an Hybriden. In der Familie der Orchideen, in welcher die einzelnen Gattungen hauptsächlich nach ihrem Blütenbau, der hier geradezu von überraschender Mannigfaltigkeit ist, aufgestellt werden, finden sich ausnahmsweise viel Mischlinge zwischen Arten verschiedener Gattungen. Hier hat offenbar die physiologische Verwandtschaft der Formen nichts mit den einzig und allein von der Gestalt abhängigen Gattungsgrenzen zu thun. Daß es auch unter den Pflanzengattungen mit gleichförmigen Blüten solche giebt, die leicht Bastarde bilden, darf wohl nur angedeutet werden. Es tritt uns dies wenigstens in sehr verbreiteten kultivierten und nicht kultivierten Gattungen entgegen, wie bei den verschiedenen Arten der Rosen, des Akelei (Aquilegia), des Weidenröschens (Epilobium), des Habichtskrautes (Hieracium), des Blumenrohrs (Canna), der Sternhyazinthe (Hippeastrum).

Aus dem Ebenerwähnten geht zugleich hervor, daß eine Verschiedenartigkeit im Baue der sich gegenseitig befruchtenden Blüten die Bastardbildung nicht hindert. Aber auch Tracht und Blattform hindern sie nicht. Wie verschieden sind nicht in dieser Beziehung Birn- und Elsebeerbaum (Pirus communis und Aria), Zimmtbrombeere und Himbeere (Rubus odoratus und Idaeus), Weiß- und Zwergbirke (Betula alba und nana), die hohen strauchigen und die stengellosen krautigen Pantoffelblumen (Calceolaria), die Orchideengattung Orchis und Aceras, und doch vermögen sie Bastardverbindungen leicht einzugehen.

Sehr schwer lassen sich Pflanzen verschiedener Zonen, wie auch verschiedener Standorte miteinander kreuzen. Es scheint also die Verschiedenartigkeit der Lebensbedingungen, denen beide unterworfen gewesen sind, der Kreuzung entgegen zu stehen. Die Alpenrosen (Rhododendron) des Kaukasus lassen sich mit solchen vom Altai, wie von den javanischen Gebirgen, nicht aber mit sibirischen kreuzen. Sonst bildet die Herkunft, ob aus der alten und neuen Welt, ob von der nördlichen und südlichen Halbkugel, ferner ob wintergrün und sommergrün, ob tagblühend und nachtblühend kein Hindernis.

Rassen einer und derselben Art zeigen bezüglich der Bastardbildung mit andern Arten und deren Rassen selten ein gleiches Verhalten. Wie schon Gärtner beobachtete, verbinden sich z. B. die weißen und gelben Rassen vom Wollkraut (Verbascum) besser mit den gleichfarbigen einer andern Art, als mit andersfarbigen. Wenigstens werden bei Kreuzungen gleichfarbiger Rassen verschiedener Arten stets mehr keimfähige Samen erzeugt.

Ferner giebt es in einzelnen Pflanzengattungen Arten, die von den andern durch die größere Neigung, Bastardverbindungen einzugehen, geradezu hervorragen, wie z. B. das franz. Ciströschen (Cistus Monspeliensis), der strahlende Kranichschnabel (Pelargonium fulgidum), die Bachnelkenwurz (Geum

rivale), die Ackerbrombeere (Rubus caesius), die Essigrose (Rosa gallica), das Schiefblatt von Bolivia (Begonia Boliviensis), die Sumpf- und Gemüsedistel (Cirsium palustre und oleraceum), das violette Wollkraut (Verbascum phoeniceum).

Zwischen je zwei verschiedenen Arten können natürlich zwei verschiedene Bastardbildungen eintreten. Es kann der Blütenstaub von der Pflanze A die Samenknospen der Pflanze B befruchten. Es können aber auch die Samenkospen von A durch den Blütenstaub von B befruchtet werden (A♂ × B♀) (B♂ × A♀). Die hybride Verbindung erfolgt nun aber durchaus nicht immer in jeder der beiden Weisen gleich leicht; ja sie erfolgt gar nicht selten überhaupt nur in einer einzigen Weise. So läßt sich z. B. die gemeine Wunderblume (Mirabilis jalapa) ungemein leicht mit dem Pollen der langblumigen Wunderblume (M. longiflora) befruchten, während umgekehrt eine Befruchtung der langblumigen durch den Pollen der gemeinen gar nicht eintritt. Der Gemüsekohl (Brassica oleracea) befruchtet mit größter Leichtigkeit alle andern Rassen, ja selbst Rettigarten, läßt sich aber selbst durch eine fremde Art nicht befruchten. Die in Brasilien heimische Tabackspezies Nicotiana Langsdorfii war bisher nur imstande, durch den geflügelten Tabak (N. alata) befruchtet zu werden, vermochte aber selbst eine große Reihe anderer zu befruchten. Die blaue Seerose (Nymphaea coerulea) wird durch den Pollen der kap'schen, aber nicht die kap'sche durch den Pollen der blauen befruchtet. Walch (Aegilops) läßt sich durch Weizen (Triticum), aber nicht umgekehrt der Weizen durch Walch befruchten. Jedoch auch wenn zwei Pflanzen in beiderlei Weise hybridisieren, ist ihr Verhalten nicht immer gleich. Sehr häufig sind die in der einen Weise entstandenen Früchte samenreicher und die Samen keimfähiger, als die in der andern Weise entstandenen.

Gewöhnlich nimmt man an, daß die Arten, welche sich hybrid befruchten, gleichen Gattungen angehören. Bei manchen Pflanzen, die miteinander Bastarde bilden und die man früher in verschiedene Gattungen einreihte, hat es sich infolge sorgfältiger Untersuchungen auch erwiesen, daß sie besser in eine Gattung zu vereinigen sind, wozu man leicht Beispiele aus den Gattungen Birne (Pirus), Mispel (Mespilus), Lichtnelke (Lychnis, Melandrium), Alpenrose (Rhododendron), Hackenlilie (Crinum) bringen könnte.

Aber in den Familien der Nelkenblütler (Caryophyllaceen), Schwarzmundgewächse (Melastomaceen), Passionsblumengewächsen (Passifloreen), Cacteen, Gesneriaceen, Knabenkräutern (Orchideen), Schönlilien (Amaryllideen) und Gräser (Gramineen) kommen nicht allzuselten auch Bastarde zwischen Arten vor, die sich nicht in eine Gattung vereinigen lassen, obschon zuzugeben ist, daß auch hier die Gattungsmerkmale nur schwierig festzustellen sind. Beispiele von Kreuzungen verschiedener Gattungen (Gattungsbastarde) liefern in andern als den schon angeführten Familien noch Kohl und Rettig (Brassica, Raphanus), Labkraut und Waldmeister (Galium, Asperula), Glockenblume und Rappwurz (Campanula und Phyteuma), Wollkraut und Celsie (Verbascum, Celsia), Distel und Kratzdistel (Carduus, Cirsium). Ferner soll eine Kreuzung zwischen einem Fingerhut (Digitalis) und einer Sinningia gelungen sein, einer Personate und einer Gesneriacee. Hier würde also sogar ein Familienbastard entstanden sein. Ein Gleiches müßte der Fall sein, wenn sich die Möglichkeit der Kreuzung zwischen einer Art Stern-

hyacinthe (Hippeastrum), welche zu den Amaryllideen gehört und einer Art Siegwurz (Gladiolus), welche den Irideen zugezählt werden muß, sicher herausstellen sollte. Man ersieht hieraus, daß man wohl kaum imstande sein würde, alle diejenigen Pflanzenspecies, welche miteinander Bastarde bilden, in eine Gattung zu vereinigen, wollte man der Natur nicht großen Zwang anthun. Andererseits läßt sich aber der Umfang der Gattungen auch nicht auf die Arten beschränken, die sich gegenseitig zu befruchten vermögen. Bei der Gattung Kürbis (Cucurbita) gehen nicht einmal die sich am nächsten stehenden Arten eine Kreuzung miteinander ein.

Daß in sehr arten- und typenreichen Gattungen, wie Fingerkraut (Potentilla), Brombeere (Rubus), Windröschen (Anemone), Alpenrose (Rhododendron), Nachtschatten (Solanum), Kreuzkraut (Senecio) und Segge (Carex), die voneinander am weitesten abstehenden Arten nur sehr schwer oder gar nicht miteinander zu kreuzen sind, ist leicht erklärlich; aber auch in den weniger formenreichen Gattungen ist trotz vorhandener Neigung zur Bastardbildung eine Kreuzung zwischen den Grenzarten nicht immer möglich. Hinwiederum können von artenreichen, aber sehr gleichmäßig gebildeten Gattungen sämtliche Arten die Fähigkeit besitzen, sich untereinander zu kreuzen.

Bei wesentlich verschiedenen Arten, zwischen denen eine Kreuzung überhaupt noch möglich ist, tritt niemals eine vollständige Befruchtung ein. So befruchtet z. B. selbst eine Überfülle von Blütenstaub vom rispigen Tabak (Nicotiana paniculata) doch nur einen kleinen Teil der vorhandenen Samenknospen vom Bauerntabak (Nicotiana rustica). Bringt man den Pollen verschiedener Arten gleichzeitig dem Fruchtknoten einer wiederum verschiedenen Art behufs Bastardierung auf, so wirkt nur eine Art Pollen befruchtend — der, welcher die größte geschlechtliche Verwandtschaft hat. Ist unter den aufgebrachten Pollenarten der zugehörige, so wirkt, wie schon angedeutet, dieser allein. Nur in dem Falle, daß die Bastardierung zwischen Varietäten günstiger verläuft, als die Befruchtung einer Varietät mit sich selbst, kann anderweitiger Pollen den zugehörigen von der Befruchtung ausschließen. Wird eine Pollenart auf eine Narbe gebracht, die wenig geschlechtliche Verwandtschaft zeigt, und läßt man später eine andere mit günstigerer geschlechtlicher Verwandtschaft zutreten, so vermag die letztere nur dann zu befruchten, wenn die Einwirkung der ersteren noch nicht begonnen hat. Nach Sachs kann Bastardbefruchtung bei Nicotiana schon nach zwei Stunden, bei Malva und Hibiscus nach drei Stunden, bei Dianthus nach fünf bis sechs Stunden nicht mehr durch den eigenen Pollen verhindert werden.

Samenverbreitung.

Haben sich die Samenknospen zu keimfähigen Samenkörnern und mit ihnen der Fruchtknoten zur Frucht ausgebildet, so bewirken verschiedene Eigentümlichkeiten bez. Einrichtungen an den Früchten oder an den Samen, daß diese letzteren in weiterem Umkreise um ihre Mutterpflanze herum verbreitet werden. Sie sind nämlich durch diese Einrichtungen verschiedenen Trägern angepaßt, die bei ihnen wohl oder übel eine Ortsveränderung herbeiführen müssen. Dadurch wird ihnen zugleich Ersatz für den Mangel

der freien Bewegung geboten, denn es tritt die Möglichkeit für sie ein, sich auch ohne diese nach allen Richtungen hin weiter auszubreiten. Freilich bedingt diese Bewegung für den einzelnen Fall immer nur eine geringere Ortsveränderung; aber indem sich im Laufe der Zeit diese geringeren Wirkungen summieren, kann später eine Gesamtwirkung zustande kommen, nach der es scheint, als ob die Bewegung mit einem Male sich auf weite Entfernungen hin erstreckt hätte. An den verschiedenen Pflanzen beobachten wir zunächst passiv wirkende Einrichtungen, die wir mit Professor Hildebrand*) Verbreitungsausrüstungen nennen, und dann finden wir leicht aktiv wirkende Träger, die Verbreitungsagentien, auf, denen jene entsprechen. Es walten hier sehr oft ähnliche Verhältnisse ob, wie in den Blüten zwecks der Bestäubung. Ebenso wie gewisse Blüten für Bestäubung durch Wasser, durch Wind, durch verschieden Insekten angelegt sind, so finden wir auch die Ausrüstungen der Früchte und Samen zum Zwecke der Samenverbreitung bestimmten Verbreitungsagentien angepaßt. Zu den letzteren gehören vor allen der Wind in seiner verschiedenen Stärke, dann das Wasser und endlich die Tiere.

Als erstes und wirksamstes Verbreitungsagens ist der Wind zu nennen. Die Stärke desselben ist nun aber sehr verschieden. Man muß infolgedessen wohl unterscheiden zwischen einer schwachen Luftbewegung und zwischen einer stärkern Luftströmung, die sich selbst bis zum Orkan steigern kann. Die schwachen Luftbewegungen erfolgen meist in senkrechter Richtung — sie können mithin die Samen nur in die Höhe führen. Beim Niederfallen werden dieselben aber niemals zu ihrem Ausgangsorte zurückkehren, sondern mannigfaltige Ablenkungen von der Senkrechten erfahren und immer mehr oder weniger weit von der Mutterpflanze niederfallen. Zudem treffen sie bei dem Aufsteigen in die oberen Regionen nicht selten auf horizontale Luftströmungen, durch welche sie dann natürlich in größere Entfernungen hingetrieben werden. In den Gebirgen bekleiden sich auf diese Weise steile Wände, Abhänge u. dergl. mit Pflanzenwuchs. Besonders sind die sanften Luftströmungen von großem Vorteil für kurzlebige Pflanzen, die sich überall ansiedeln, wo noch ein freies Plätzchen ist, die aber auch überall leicht durch andre Pflanzen wieder verdrängt werden und sich also auf einer stetigen Wanderschaft befinden.

Auch starke Winde vermögen die Samen nicht auf einmal weite Strecken fortzuführen; auch sie wirken nur schrittweise. Die Luftströmung erfolgt ja hier nicht gleichmäßig, sondern stoßweise; mithin müssen die Samen in kurzer Entfernung immer wieder zu Boden fallen. Werden sie auch noch einmal oder zweimal aufgenommen, so kann doch die Entfernung, in die sie fortgeführt werden, nur eine geringe sein. Von den das erste Mal fortgewehten wird das zweite Mal kaum die Hälfte, das dritte Mal kaum der zwanzigste Teil wieder aufgetrieben. Die meisten fallen in für den Wind unzugängliche Verstecke. Schwellende Moospolster z. B. spielen geradezu die Rolle von Fangapparaten, die von dem, was sie ergriffen, nichts wieder herausgeben.

Die Ausrüstungen, welche die Samen befähigen, leicht durch den Wind

---

*) Vergl. Hildebrand, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873.

verbreitet zu werden, sind Flügelbildungen, Haare oder federartige Auswüchse an den einzelnen Samen wie an den ganzen Früchten. Sie bieten dem Winde entweder eine große Fläche oder verringern das specifische Gewicht ihres ganzen Körpers, erleichtern also in beiden Fällen das Schweben in der Luft. Oftmals bewirken sie auch, daß der herabfallende Same in eine kreisende Bewegung gerät, wobei er vom Winde leichter gefaßt werden kann.

Die Flügelbildung der Samen wird gewissermaßen vorgebildet durch die ganz plattgedrückte Samenform, wie wir sie bei der Schwertlilie, Tulpe ꝛc. beobachten. Selten bleibt es aber dabei allein. Meist wird der flache Same noch mit einer dünnen flügelartigen Haut umrandet, wie bei dem Bergschildkraut (Alyssum montanum), der zweijährigen Mondviole (Lunaria biennis), dem orientalischen Schwarzkümmel (Nigella orientalis). Sehr große, glasartig-durchsichtige, steife Flügel hat eine in Neu-Granada heimische Bignonie (Bignonia echinata); vermittelst derselben ist es ihr möglich, ziemlich lange in der Luft umherzuschweben und dabei weite Kreise nach Art eines fliegenden Raubvogels zu beschreiben. Häufiger als an den Samen treten Flügel an Früchten auf. Wir finden dieselben an den Früchten vieler Doldengewächse, wie z. B. des Bärenklau (Heracleum), ferner an den Früchten des Lederbaumes (Ptelea trifoliata), der Birke, des Rhabarbers u. s. w. Aber die erwähnten Flügel sind nicht gleichartig gebildet. Oft geht der flügelartige Hautrand rings um die Frucht, oft ist er einseitig gestellt, oft sind zwei, drei, vier oder fünf gesonderte Flügel vorhanden. Ja bei den Teilfrüchtchen von der flachblätterigen Männertreu (Eryngium planum) und bei den Früchtchen des stinkenden Wanzenkrautes (Cimicifuga foetida) ist die ganze Außenseite mit einer weit größeren aber unbestimmten Menge flügelartiger Schuppen bedeckt.

Bei der Linde endlich dient sogar das Hüllblatt als Flugvorrichtung. Hier löst sich nach der Fruchtreife der ganze Samenstand von der Pflanze ab und senkt sich, mit den Samenkapseln nach unten, in beständiger Drehung um den gemeinsamen Blütenstiel langsam zu Boden.

Die federartigen Ausrüstungen sind ebenfalls entweder an den Samen oder an den Samenhüllen zu finden. In dem einen Falle bedecken sie den einen oder die anderen ringsum, in dem anderen stehen sie dicht gedrängt in Büscheln oder stellen eine fallschirmartige Bildung dar. Zu dem ersten Falle geben die Samen der Baumwollkapsel und des Wollbaumes (Bombax), ferner die Früchte von der Waldanemone (Anemone silvestris) bekannte Beispiele.

Bei den Weiden, den Weidenröschen u. a. bilden die Haare an dem einen Ende des Samens eine Art Schopf, der sich bei der Austrocknung mehr oder weniger aufbauscht, so daß, wie Hildebrand sagt, „Flugmaschinen entstehen, welche den Pfeilen gleichen, die beim Schießen mit dem Blasrohr angewendet werden, wo ein specifisch schwererer Körper dadurch, daß an ihm ein Haar- oder Federschopf befestigt ist, leicht von dem gegen ihn gerichteten Luftzuge in horizontaler Richtung oder auch senkrecht in die Höhe fortgeführt wird. Die so ausgerüsteten Samen oder Früchte, wie sie bei dem schon erwähnten Epilobium, bei Salix, vielen Asclepiadeen, bei Protea, Eriophorum und mehrern Gräsern vorkommen, werden nun noch leichter, als die zum Vergleich herbeigezogenen Pfeile, vom Winde horizontal oder

aufwärts bewegt werden, da gewöhnlich der Feder- oder Haarbüschel an Umfang bedeutend den soliden Teil des ganzen Körpers übertrifft und so das specifische Gewicht des letztern stark verringert wird; und auch wenn der Wind nicht stark bläst, werden diese Samen oder Früchte sich nur langsam zur Erde niedersenken und hierbei noch leicht von einem sanftgehenden Luftzuge vom senkrechten Falle abgelenkt werden."

Den besten Flugapparat bilden aber die eine Art Fallschirme darstellenden Federkelche (Pappus) der Korbblütler, da sie bei sehr geringer Masse der Luft eine ganz bedeutende Angriffsfläche darbieten. Diese Federkelche bestehen aus sehr langen starren Haaren, die am oberen Ende des Schließfrüchtchens kreisförmig angeordnet sind und die Frucht mit einer langen dichten Haarkrone zieren. Wenn die Frucht in einen stielartigen Fortsatz sich verlängert, wie beim Löwenzahn, trägt dieser dann den zarten Pappus an seiner Spitze; im andern Falle sitzt er der Frucht unmittelbar auf. Solchen Samen vermag der schwächste Luftzug schon wie eine Feder fortzuführen.

Der Wind wirkt nun aber auch mit verschiedenen Schleuderbewegungen der Früchte zusammen, die auf Seite 197 näher beschrieben wurden.

Dem Winde gegenüber spielt das Wasser als Verbreitungsmittel nur eine untergeordnete Rolle. Stehende Gewässer, Sümpfe, Teiche, Landseen werden aber wiederum weniger an der Verbreitung beteiligt sein, als schnell fließende Flüsse, Meeresströmungen &c. Wenn durch erstere ebenfalls eine Verbreitung erfolgt, so wird dieselbe mehr durch den Wind als das Wasser selbst verursacht. Die Wirkung der fließenden Gewässer ist leicht verständlich. Von den in ihnen selbst wachsenden Pflanzen müssen die Samen sofort nach der Ablösung von der Mutterpflanze ein großes Stück hinweggeführt werden. Freilich ist hierbei zu bedenken, daß im großen und ganzen nur sehr wenig Pflanzen im fließenden Wasser wachsen und somit die direkte samenverbreitende Thätigkeit desselben doch nur eine geringe sein kann. Größer sind die Leistungen der fließenden Wässer als Gehülfen des Windes. Treibt der Wind Samen oder Früchte von Land- oder Sumpfpflanzen auf ihre Oberfläche, so können dieselben bedeutende Strecken weit mit fortbewegt werden. Deshalb findet man die in den mitteldeutschen Gebirgen gemeine Bärwurz (Meum athamanticum) häufig am Fuße derselben in den Thälern der von den Gebirgen herabkommenden Flüsse. Meeresströmungen haben die harten Samen des Paternosterstrauchs (Abrus precatorius) an fast alle tropischen Meeresküsten getrieben und den Baum in vielen tropischen Gegenden in der Nähe des Meeres heimisch gemacht. Auch die Kokospalme hat nur allein durch Meeresströmungen ihre weite Verbreitung auf der ozeanischen Inselwelt gefunden.

Infolge des Umstandes, daß das Wasser nur äußerst selten als direktes Verbreitungsmittel auftritt, daß es vielmehr nur eine Nebenrolle in der Verbreitung der Früchte und Samen durch den Wind spielt, läßt sich nicht erwarten, daß an den Pflanzen mannigfaltige Ausrüstungen für die Verbreitung durch Wasser zu beobachten seien. Ferner läßt sich auch voraussetzen, daß, wenn Ausrüstungen vorhanden sind, diese eben nur an Wasser- bez. Sumpfpflanzen auftreten müssen. Nach den angestellten Untersuchungen haben sich nur zwei Anpassungen an diese Verbreitungsart feststellen lassen

nämlich erstens der Besitz einer glatten, vom Wasser schwer benetzbaren oder von ihm schwer zu durchdringenden Oberhaut, infolgederen die Früchte oder Samen während des Transports nicht so leicht verderben, und dann die Entwicklung von Luftblasen innerhalb der Oberhaut, wodurch die Früchte leichter, als eine gleiche Quantität Wasser werden und auf der Wasseroberfläche schwimmen. Die Früchtchen bez. Samen des Pfeilkrautes (Sagittaria sagittifolia) und der seerosenartigen Seekanne (Villarsia nymphaeoides) sind auf der Oberfläche so glatt und ölig, daß sie vom Wasser fast gar nicht benetzt werden. Bei der Kokosnuß umgiebt eine sehr dicke, holzige und dickfaserige Hülle den Samen, die für Wasser ganz undurchlässig ist. Die zweite, den Transport ermöglichende Ausrüstung finden wir bei verschiedenen Seerosen (Nymphaeaceen) z. B. der gelben Teichrose (Nuphar luteum), der weißen Seerose (Nymphaea alba). Bei Nuphar luteum löst sich die Frucht in einzelne halbmondförmige Stücke auf, ähnlich wie sie beim Zerlegen einer Orange entstehen, und in jedem dieser frei werdenden, die Samen umschließenden Säcke entwickeln sich eine Menge Luftblasen, die das specifische Gewicht des Fruchtteils verringern und bewirken, daß er zur Oberfläche aufsteigt und auf derselben herumschwimmt, bis sich die Membran des Sackes durch Verwesung auflöst und die Samen zu Boden sinken, um zu keimen. Ähnlich entsteht bei Nymphaea alba, sobald die Samen durch Aufspringen der Frucht frei werden, eine große Luftblase zwischen Samenmantel und Samenkörper, welche ebenfalls dem Samen das Schwimmen ermöglicht. Das Untersinken erfolgt hier ebenfalls erst nach dem Entweichen der Luftblase.

Endlich sind als Verbreitungsagenten die Tiere zu nennen. Ihre Wirksamkeit stellt sie beinahe ebenbürtig zur Seite des Windes. Sie transportieren vor allem auch größere, massigere Samen, die der Wind nicht so leicht zu bewältigen vermag. Wenn wir die unzugänglichen Türme alter Burgen und deren Mauern mit den roten Trauben der Eberesche oder der Alpenjohannisbeere geschmückt sehen; wenn Felsenvorsprünge mit beerentragenden Sträuchern aller Art besetzt sind; wenn ferner am Ulmer Münster etwa 20 Meter hoch ein Bittersüßsträuchlein und am Kölner Dom in noch bedeutenderer Höhe Büsche von Rosen und Ligustеr ihre Blüten entwickeln und ihre Früchte zeitigen: so läßt sich dies kaum anders erklären, als daß Vögel den Samen dahin trugen; durch den Wind wäre dies nicht möglich gewesen. Wenn der Apfelbaum, der von den Spaniern in Chile eingeführt und nur in der Nähe der menschlichen Wohnungen angepflanzt wurde, sich jetzt in waldartigen Ausbreitungen tief im Innern des Landes findet, bis wohin die Kolonisation vielleicht nach Jahrzehnten erst vordringen wird; wenn ferner in Mexiko und Florida die ebenfalls von den Spaniern dahin geführten und in günstig gelegenen, feuchtwarmen Gegenden angepflanzten Orangenbäume sich ohne alles menschliche Zuthun nach allen Richtungen verbreiteten: so ist die Ursache wohl kaum in etwas Anderem, als in den Tieren, besonders in den Vögeln zu suchen. Ihnen haben wir es zumeist zu danken, wenn üppige Epheupflanzen an kahlen Felsen oder Burgmauern hinaufranken, wenn der Schneeball aus dichtem Buschwerk, der Traubenholder von Steinhalden herab uns zuwinken, wenn Weißdorn, Heckenrosen, Schlehen das Wiesenbächlein einfassen, Heidelbeeren, Brombeeren

Erdbeeren Waldlichtungen bedecken und Wachholderbüsche auf kärglichem Waldboden sich ausbreiten.

Die Verbreitung der Samen durch Tiere kann nun zunächst dadurch erfolgen, daß die den Samen einschließenden Früchte sich äußerlich anheften (durch Haftfrüchte). In dieser Hinsicht spielen wohl die Säugetiere eine Hauptrolle, denen sich bei ihrer Behaarung, welche zu dem glatten Gefieder der Vögel in geradem Gegensatze steht, allerlei fremde Körper, besonders aber die mit Haaren, Borsten, Häkchen versehenen Früchte vieler Pflanzen, sehr leicht anhängen. Aber auch gewisse Vögel mögen, wenn sie in ihrer Mahlzeit gestört und aufgejagt werden, ehe es ihnen möglich war, den Schnabel zu putzen, beim Davonfliegen Samen, die an den Borsten der Mundwinkel kleben geblieben waren, mit wegnehmen und am nächsten Ruheplatze verstreuen. So werden nach Dr. Noll die vorhin schon erwähnten Samen der weißen Seerose durch Wasserhühner leicht aus dem einen in andere Teiche übergeführt. Diese Vögel suchen die Kapseln nach der Reife eifrig auf, um die zahlreichen Samen zu gewinnen, die sie durch scharfe Schnabelhiebe bloß legen. Gewöhnlich werden aber bei dieser Gelegenheit eine Anzahl derselben mittelst der weißlichen, schleimigen Substanz, die sie einhüllt, ihrem Schnabel angeheftet. Fliegen sie nun in nächtlicher Stunde nach stattgehabtem Schmause auf ihren Wanderungen von Wasser zu Wasser, dann werden sie niedertauchend die anklebenden Samen verlieren; diese aber werden alsbald niedersinken, um im nächsten Frühjahre zu keimen. Der Eichelhäher, der Nußhäher und das Eichhörnchen säen ferner oft Eicheln, Bücheln u. dergl. Früchte in lichten Holzbeständen aus, indem sie dieselben im Herbste in Moospolster verstecken oder mit Erde bedecken, um sie in Zeiten des Mangels zu verzehren, dieselben aber später regelmäßig vergessen.

Am meisten kommt hier jedoch die Verbreitung der Samen von solchen Früchten in Betracht, die von den Vögeln verschluckt und verdaut worden sind (durch Fleischfrüchte). Gewöhnlich besitzen die von Fleischfrüchten eingeschlossenen Samen eine solche Härte, daß sie der Verdauung widerstehen und unbeschädigt den Darmkanal passieren. Hin und wieder entledigen sich vielleicht die Beerenfresser des unverdauten Samens mittelst eines Brechaktes, ähnlich wie die Raubvögel, wenn sie das Gewöll beseitigen. Der schon vorhin erwähnte Dr. Noll beobachtete wenigstens, daß auf diese Weise ein Weibchen der Schwarzamsel die runzeligen Samenkerne des Epheus auswarf. In den allermeisten Fällen werden aber wohl die unverdauten Samenkerne mit den Exkrementen ausgestoßen. Wie verschiedene Versuche nachgewiesen haben, ist der Durchgang vieler hartschaliger Samen durch den Darmkanal der Vögel den betreffenden Samen nicht nur nicht schädlich, sondern der Keimung derselben eher förderlich. Durch die Verdauungsflüssigkeiten scheint die harte Samenhülle erweicht und dem Wasser und der Luft der Zutritt zum Keime schneller ermöglicht zu werden. Es wirken dieselben wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie schwache Säuren oder Salzlösungen, die der Gärtner hin und wieder benutzt, um schwer keimende Samen darin einzuweichen und dadurch zum schnelleren Keimen anzuregen. In Bezug auf das Ebengesagte erzählt Lyell in seinen Grundzügen der Geologie, daß englische Landwirte, die ihre Besitzungen gern mit Weißdornhecken umzäunen, die Weißdornfrüchte, deren Samen regelmäßig erst im 2. Jahre keimen, im Herbste an Truthühner verfüttern, den Dünger

aussäen und infolgedessen schon im nächsten Frühjahr junge Pflänzchen erhalten.

Die erste Rolle bei Verbreitung beerentragender Gewächse spielen unstreitig die Drosseln. Sie sind die hauptsächlichsten Beerenvertilger, und es giebt wohl kaum irgend welche Beeren, die von ihnen verschmäht würden. Einzelne von ihnen, wie z. B. die Wachholder-, Mistel-, Weindrossel führen ja selbst ihren Namen nach den Beeren, die ihnen vorwiegend zur Nahrung dienen und sind geradezu an den Verbreitungskreis der betreffenden Pflanzen gebunden. Die wachsglänzenden Beeren jenes bekannten Schmarotzergewächses unserer Obst- und Waldbäume, der Mistel, hängen bis tief in den Frühling hinein an den Bäumen, weil wegen des ihnen anhaftenden scharfen Beigeschmackes wenige Vögel nach ihrem Genusse verlangen; nur der Misteldrossel sind sie in der Zeit, in welcher andere Beeren längst verzehrt sind, eine sehr liebsame Speise. Die Drossel bezeugt sich ihrer Ernährerin, der Mistel, aber dadurch dankbar, daß sie deren Samen überall hinsäet. Nach ihrem Austritte aus dem Darmkanal kleben sich die Samen leicht allen weichrindigen Baumstämmen an und gelangen an ihnen zur Keimung. Die gegenseitige Abhängigkeit der Mistel von der Drossel und umgekehrt erkannte man schon längst, wie aus dem Sprichwort: Turdus sibi ipsi malum cacat hervorgeht, das jedenfalls anläßlich der Verwendung der Mistelbeeren zu Vogelleim entstanden ist. In gleicher Weise wie die Misteldrossel verpflanzt in den nordischen Gegenden auch die Wachholderdrossel den Nadelstrauch, von dem er seinen Namen entlehnt hat und dessen Beeren seinen Braten würzen.

Viel thun zur Verbreitung beerentragender Gewächse auch Schwarzamsel und Ringdrossel, welche beide die meisten Beerenfrüchte sehr gern verzehren und deren Exkremente von Heidelbeeren, später von Brombeeren und noch später von Epheubeeren oft ganz blau gefärbt erscheinen. Auf dem Dünensande der Nordseeinseln machen sich wandernde Drosseln oft dadurch recht nützlich, daß sie den Sanddorn, der zur Befestigung der Dünen dient, ausbreiten, indem sie seine goldgelben, braunpunktierten Beeren verzehren und mit den Exkrementen verstreuen.

Doch auch die eigentlichen Sänger, wie Gartengrasmücke, Rotkehlchen, Schwarzplättchen u. a. m., welche zu Zeiten den Beeren ebenfalls ganz bedeutend nachstreben, werden dann für die Aussaat der betreffenden Pflanzen von großem Nutzen; ebenso Dompfaff, verschiedene Meisen und selbst das Birkhuhn. Die Kermesbeere (Phytolacca decandra), deren Beeren von Vögeln sehr gern gefressen werden, ist nachweislich in vielen Gegenden Südeuropas von den Vögeln mittelst ihrer Exkremente ausgebreitet worden, und so soll nach Bischof auch die Muskatnuß, die aus merkantilischen Gründen von den Holländern auf den Südseeinseln ausgerottet wurde, von den Vögeln wieder eingeführt worden sein. Ist die erwähnte Samenausbreitung durch die letzteren auch stets eine unbewußte, so hat es fast den Anschein, als würde sie bei einem Vogel Guatemalas zur bewußten, da dieser in die Rinde gewisser Bäume Löcher pickt und in diese seine Exkremente fallen läßt, welche die Samen einer Schmarotzerpflanze enthalten, die seine Hauptnahrung bildet.

Daß sich auch einige Säugetiere in gleicher Weise an der Aussaat beerentragender oder fleischiger Früchte beteiligen können, beweisen der Fuchs und Marder, deren Losungen in den Weingegenden der Elbe und des Rheins

gar häufig Traubenkerne enthalten. Ja in der des erstern hat man sogar schon Weichsel- und Zwetschenkerne gefunden. Vom Dachs und Bär ist Ähnliches beobachtet worden. Selbst der Mensch mag zuweilen die Ursache davon sein, daß an Waldrändern, Zäunen rc. Kirschbäumchen emporsprießen.

Aber wie es bei den Pflanzen, deren Bestäubung die Insekten vermitteln, nicht hinreichend ist, daß sie Honigsaft absondern, sondern wie sie durch besondere Mittel, hervorstechende Farben, angenehmen Geruch u. dergl., auf die betreffenden Insekten noch eine besondere Anziehung geltend machen, so sind auch die fleischigen Früchte noch durch eine besondere Farbe ausgezeichnet, welche die betreffenden Tiere ebenfalls anlockt. Die Farbe hat den Zweck, anzuzeigen, wo der angenehme Genuß zu finden ist. Selten haben Fleischfrüchte oder Beeren eine grüne Farbe, weil sie durch diese nicht vom grünen Laubwerk abstechen würden; vielmehr treten sie stets durch rote, gelbe, violette oder blaue Tinten mehr oder weniger stark hervor. Und sind diese Farben nicht auf allen Seiten entwickelt, so machen sie sich doch auf der äußeren Seite bemerklich, während die dem Inneren des Laubes zugewendete die grüne Farbe behält. Wie anziehend die Farbe wirkt, zeigt der gefranste Spindelbaum (Evonymus fimbriatus), dessen grüne Früchte stets unbeachtet bleiben, so lange sie ungeöffnet sind, aber sofort aufgezehrt werden, wenn sie sich öffnen und ihre orangefarbenen Samen leuchtend aus den klaffenden Spalten hervorschauen lassen.

7. Verlauf des pflanzlichen Lebens.

Perioden des Pflanzenlebens.

Der Lebensprozeß der Pflanze vollzieht sich, wie der eines jeden Organismus, in stufenweise fortschreitender Entwicklung. Gewöhnlich unterscheidet man in ihm drei Abschnitte oder Perioden, die natürlich niemals schroff voneinander getrennt sind, sondern ganz allmählich ineinander übergehen.

Die erste Periode ist die der Keimung, der Entwicklungsabschnitt, in welchem das bei der Embryobildung angelegte pflanzliche Einzelwesen zum selbständigen Leben erwacht.

Darauf folgt die Periode der Vegetation, in welcher die junge Pflanze heranwächst und immer mehr erstarkt.

Endlich kommt die Periode der Fruchtbildung, in welcher die Pflanze wiederum Keime entwickelt, denen gleich, aus welchen sie selbst hervorging.

Ist der Keimling oder Embryo mit den übrigen ihn umschließenden Samenteilen, mit einem Worte also der Same (bez. die Spore) an der Mutterpflanze zur völligen Ausbildung gelangt und die Trennung von letzterer erfolgt, so besitzt er in den meisten Fällen auch die Fähigkeit, sich sofort wieder in eine neue Pflanze umzubilden, also zu keimen. Nur die Dauer- oder Wintersporen mancher Lagerpflanzen verhalten sich entgegengesetzt und haben erst eine Ruheperiode nötig, ehe sie den Keimprozeß wieder beginnen können. Viele der eigentlichen Samen zeigen auch eine Ruheperiode. Es wird dieselbe aber durch äußere Verhältnisse bedingt. Die Keimung kann nicht früher eintreten, weil früher nicht alle Keimbedingungen vorhanden sind.

Die Zeit, binnen welcher die Samen ihre Keimfähigkeit zu bewahren vermögen, ist von sehr verschiedener Länge. Weidensamen behalten sie nur

eine äußerst kurze Zeit, und diese müssen spätestens einige Tage nach dem Verlassen ihrer Fruchthüllen in den Erdboden gebracht werden. Andere Pflanzen wiederum bleiben unter wenig veränderlichen günstigen Verhältnissen sehr lange keimfähig. Dies beweist z. B. der Nachwuchs, der nach jedem regelmäßig wiederholten Holzschlage auftritt. Es erscheinen dann auf dem umgearbeiteten Waldboden ganz plötzlich eine große Anzahl von Pflanzen in solcher Menge, daß ihre Samen unmöglich erst nach dem Abräumen des Holzes herbeigeführt worden sein können, sondern bereits im Boden niedergelegt sein mußten, freilich in einer Tiefe, in der sie vor Wärme, Luft und Feuchtigkeit soweit gesichert waren, daß sie nicht auskeimen konnten. Jedenfalls ruhten sie darin sechzig und mehr Jahre, je nach der Länge der Schlagperiode. So wie aber das Holz abgetrieben war und ihnen durch Umstürzen des Erdreichs die nötige Menge von Luft, Feuchtigkeit und Wärme zugeführt wurde, trieben sie ihre Keimlinge sofort oder wenigstens im nächsten Frühjahre hervor. Roßmäßler*) sah aus einem Gefäße voll Erde, welches durch eine Glasglocke abgesperrt war, allerlei Keimpflänzchen aufgehen, obgleich feststand, daß diese Erde, ein ehemaliger Komposthaufen, ganze 30 Jahre von einem festen Kieswege bedeckt gewesen war. Hier hatten also unzweifelhaft Sämereien 30 Jahre lang mehrere Fuß tief im Boden vergraben gelegen und waren dennoch keimfähig geblieben. Ähnliche Beobachtungen sind zahlreich gemacht worden. Nach Theodor v. Heldreich erschienen auf einer Lokalität des Lauriongebirges nach Abräumung einer drei Meter hohen Schlackenschicht Teucrium brevifolium, Silene Iuvenalis u. a. daselbst zur Zeit nicht heimische Pflanzen, deren Samen mindestens 1500 Jahre in der Erde ruhend verbracht haben mußten.

Soviel scheint festzustehen, daß tiefes Eingraben in mäßig feuchtes, sich bez. der Temperaturverhältnisse möglichst gleichbleibendes Erdreich imstande ist, Sämereien verschiedener Art eine unbestimmt lange Zeit keimfähig zu erhalten. Aber auch bei anderen längere Zeit aufbewahrten Samen beobachtete man eine verhältnismäßig lange Dauer der Keimfähigkeit. Decandolle veröffentlichte Keimungsversuche mit 368 15 Jahre alten Samenspecies und erzielte bei Malvaceen 50%, bei Leguminosen 20%, bei Labiaten 3% Keimpflanzen. Nach den von der Société britannique mit einer 6 Jahre alten Samenkollektion angestellten Keimversuchen keimten dagegen von Leguminosen nur 0,54%, von Cucurbitaceen 0,26%, von Kompositen 0%, von Malvaceen 0,33%, von Solanaceen 0,33%, von Koniferen 0,50%.

Von den so verschiedenartigen Resultaten kann nur die Aufbewahrungsart vor der Aussaat die Ursache sein.

Endlich ist noch der Erwähnung wert, daß sich im pariser botanischen Garten Samen der Mimosa pudica 60 Jahre lang keimfähig erhielten, daß M. B. Brown sogar 150jährigen Samen von dem prächtigen Nelumbium (Nelumbium speciosum) zum Keimen brachte und Graf C. v. Sternberg (nach Okens Isis 1834) in einer wissenschaftlichen Gesellschaft aus Mumienweizen gezogene Ähren vorlegte.

Eigentümlich erscheint es, daß Samen selbst dann keimfähig sind, wenn sie geerntet wurden, ehe sie vollständig ausreifen konnten. Sagot fand, daß

*) Der Wald, Leipzig und Heidelberg 1863.

der orientalische Knöterich schon bei 1/4, die Erbse (Pisum sativum) schon bei 1/12 des normalen Gewichts keimten und daß ganz grüne (noch im Milchsaft befindlich geerntete) Getreidekörner, wenn auch etwas spät, aber doch zur Keimung gelangten.

Die Bedingungen, unter denen die Samen ebensowohl als die Sporen keimen, sind Wasser, Sauerstoff und ein bestimmter Wärmegrad. Daß Samen in großer Bodentiefe nicht keimen, erklärt sich wohl am einfachsten durch den dort vorhandenen Mangel an sauerstoffhaltiger Luft.

Die Keimbedingungen müssen stets eine längere oder kürzere Zeit auf die Samen einwirken, ehe an diesen die Keimteile hervorwachsen. Man bezeichnet diese kürzere oder längere Zeit als **Keimdauer**. Dieselbe ist bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden, natürlich möglichst gleiche Keimbedingungen vorausgesetzt. Bei der normalen Temperatur, wie sie zur Zeit der Aussaat folgender Pflanzen in der Regel herrscht, keimen Hirse in 2, Rübsen in 3, Kürbis in 5, Weizen in 6, Lein in 7, Mais in 8, Erbsen in 9, Spinat in 10, Kerbel in 11, Saubohnen in 12, Petersilie in 14, Rittersporn in 20, Ricinus in 26 Tagen, Mistel in 1 1/2 Monat, Pfirsich und Mandel nach 1/2 bis 1 Jahr.

Nachdem die Pflanze gekeimt, tritt bald eine reichere Blattentwicklung, gewöhnlich auch eine ausgiebigere Entfaltung der Stengelteile, sowie natürlich auch eine üppigere Wurzelbildung ein. Sie stattet sich also zunächst so gut als möglich mit den erforderlichen Ernährungsorganen aus. Die Umfänglichkeit dieser Ausstattung hängt natürlich wiederum von den Ernährungsverhältnissen ab. In magerem Boden wird die Entwicklung der verschiedenen Organe einer Pflanze ganz bedeutend hinter der Entwicklung einer andern gleichartigen, in fettem Boden wachsenden zurück bleiben. Durchläuft die Pflanze ihre gesamte vegetative Entwicklung sowie die sich anschließende Periode der Fruchtbildung in **einem** Sommer und stirbt sie, sobald die Fruchtbildung vorüber ist, ab, so bezeichnet man sie als **einjährig**. Tritt dagegen die Keimung im Sommer oder Herbste des einen Jahres ein und verläuft in diesem Jahre schon ein Teil des Entwicklungsprozesses, fällt aber die Vollendung desselben und die Fruchtbildung in das nächste Jahr, so ist die betreffende Pflanze **zweijährig**. Wir haben dafür die Zeichen ⊙ und ⊙. Zu den einjährigen Pflanzen gehören von Kulturpflanzen Gerste, Hafer, Erbse, Wicke, Bohne, Kürbis, Gurke rc., ferner ein großer Teil unserer Ackerunkräuter; zu den zweijährigen gehören Winterroggen, Winterweizen, Winterrübsen, Kornblume rc. Wenn wir dergleichen Pflanzen nicht zur Fruchtbildung kommen lassen, also die Blüten nach dem Verblühen sofort beseitigen, können wir sie viel länger am Leben erhalten, als es sonst möglich wäre; können sie auch zu viel ansehnlicheren Gebilden heranwachsen sehen, als sie sonst darstellen. So lassen sich Resedapflänzchen auf diese Weise nach und nach zu mehrjährigen Bäumchen erziehen.

Bei einer anderen Reihe von Pflanzen, die wir als **ausdauernde** oder **perennierende** bezeichnen, sterben die oberirdischen Teile, nachdem sie es bis zur Fruchtbildung gebracht haben, ab, um sich von den unterirdischen Stengelteilen (Rhizom, Knollen, Zwiebel) aus durch neue beblätterte Triebe zu verjüngen. Entweder tritt diese Verjüngung alljährlich ein, dann schließt die Vegetationsperiode jedes Jahr mit der reproduktiven, also samenbildenden Periode ab, wie es z. B. mit den meisten unserer Wiesenpflanzen der Fall ist

oder die vegetative Periode dauert mehrere Jahre, ehe die reproduktive — die dann gewöhnlich einen oder zwei Sommer hindurch währt — folgt, so daß die Verjüngung erst nach einer längeren Reihe von Jahren eintritt. Bei der Sagopalme (Sagus Rumphii) z. B. nimmt die vegetative Periode 8—10 Jahre in Anspruch; dann tritt der Baum in die reproduktive, die sich mit dem 2. Sommer, also im 10—12. Jahr vollendet, worauf dann das Mark des Innern vertrocknet, die Blätter abfallen und der Baum abstirbt, um aus den reichlich vorhandenen Wurzelschößlingen in vermehrter und verbesserter Auflage wieder hervorzugehen. Ähnlich ists mit der Wunder- oder Baum-Aloë, die nach der Meinung des Volks nur alle 100 Jahre blüht, nach dem Verblühen aber abstirbt und sich ebenfalls durch Triebe aus dem Wurzelstocke verjüngt. Die perennierenden Pflanzen, die man für gewöhnlich auch Stauden nennt, bezeichnet der Botaniker mit ♃, dem Zeichen des Jupiter.

Während die Stauden nur mit ihren unterirdischen Teilen ausdauern, thun es die Bäume und Sträucher auch mit den oberirdischen. Der oberirdische Stamm stirbt hier nicht ab, sondern erstarkt von Jahr zu Jahr. Bezeichnend für ihn ist die Holzbildung. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Baum und Strauch besteht nicht. Gewöhnlich bezeichnet man als Baum den Holzstamm, der bis zu einer gewissen Höhe astlos bleibt, während man denjenigen einen Strauch nennt, der seine Verästelung schon am Grunde beginnt. In der Regel vermag jede Pflanzenart, die für gewöhnlich baumartig auftritt, auch strauchartig zu wachsen, und umgekehrt lassen sich aus Holzstämmchen, die für gewöhnlich strauchartig wachsen, auch Bäumchen erziehen. Es kommt hier nur auf Begünstigung des Wachstums der Seitenachsen resp. auf Entfernung derselben an, die durch natürliche Verhältnisse oder künstlich herbeigeführt werden kann. Zeigen sich die Holzpflanzen nur im Sommer belaubt, verlieren sie also jedes Jahr vor Eintritt des Winters die Blätter, nennt man sie sommergrün; behalten sie das Laub aber auch während des Winters, dauern also die Blätter mehrere Jahre hindurch aus, so heißen sie wintergrün. Die Zeichen für Sträucher bez. Bäume sind ♄, ♄.

Einen Übergang von den Sträuchern zu den perennierenden Stauden bilden die Halbsträucher, weil diesen kein unbegrenztes Höhenwachstum zukommt und die gebildeten Zweige, sobald sie ein bestimmtes Alter erreicht haben, absterben. Zu ihnen gehören Heidel- und Preißelbeere (Vaccinium), Heide (Erica), Sumpfporst (Ledum), Alpenrose (Rhododendron).

Haben sich die verschiedenen Pflanzen bis zu einem gewissen Grade entwickelt und einen Überschuß von Assimilationsstoffen erzeugt, so beginnen sie die Fortpflanzungsorgane zu bilden, und zwar tritt bei den Samenpflanzen, die wir hier speciell im Auge haben, erst die Blüten- und dann die Fruchtbildung ein. Bei den ein- und zweijährigen Gewächsen vollzieht sich dieser Vorgang während ihres Lebens nur ein einziges Mal; sie sind einfruchtig (monokarpisch). Die Staudengewächse und Holzpflanzen dagegen bringen alljährlich neue Blätter und infolgedessen neue Früchte und Samen hervor; sie sind wiederfruchtig (polykarpisch). Bei den Staudengewächsen und den Holzpflanzen fällt die erstmalige Blüten- bez. Fruchtentwicklung nie in das erste, vielmehr stets in ein späteres Lebensjahr; ja bei den letzteren vergehen oft ein bis mehrere Jahrzehnte, ehe sie eintritt. Die Zeit ihres Eintritts oder die Periode ihrer Mannbarkeit (Pubertät) ist

für die verschiedenen Holzgewächse sehr verschieden. So blühen durchschnittlich zum ersten Male Hasel mit 10, Birke mit 10—12, Erle, Kiefer mit 15—20, Hainbuche mit 20, Esche mit 25, Linde, Ahorn mit 25—30, Edeltanne mit 30, Ulme mit 40, Buche mit 40—50, Fichte mit 50, Eiche mit 60 Jahren.

Obwohl bei den polykarpischen Pflanzen die alljährlich eintretende vegetative Periode der reproduktiven in der Regel vorausgeht, ists doch bei einer Anzahl Holzgewächse umgekehrt, und es geht die Blütenbildung der Blattbildung voraus. Die Periode der Fruchtbildung verläuft dann immer gleichzeitig mit der des Wachstums. In diesem Falle hat das Laub nicht bloß für die gleichzeitig reifende Frucht Assimilationsstoffe zu erzeugen, sondern außerdem noch einen Überschuß davon, also Reservestoffe, zu bilden, die im nächsten Jahre zu der vor der Blattbildung eintretenden Blütenbildung Verwendung finden können. Sicherlich ist die verfrühte Blütenbildung für die betreffenden Pflanzen in irgend welcher Weise von Vorteil, sei es, daß die Bestäubung vor der Laubentfaltung leichter und sicherer erfolgt (bei Weidengewächsen ꝛc.), sei es, daß die Entwickelung der Früchte wegen ihres großen Zuckerreichtums in die heißesten Monate fallen muß (bei den Obstbäumen). In der Regel ist die Fruchtbildung Ende Sommers oder Anfang Herbstes desjenigen Jahres beendet, in dem die Blütenbildung erfolgte; doch währt sie in einigen Fällen auch länger. So reift z. B. die Fruchtkapsel der Herbstzeitlose erst in dem der Blüte folgenden Frühjahre, der Kiefernzapfen mit seinen Samen aber erst im zweiten Herbste nach der Blütenbildung.

Bei höheren Gewächsen läßt sich die in voller Thätigkeit stehende Vegetation durch Austrocknen u. dergl. nicht unterbrechen. Bei vielen Moosen, Flechten und einigen Pilzen kann dies jedoch geschehen, wenn auch nur für kurze Zeit. Die Hundslappenflechte (Peltigera canina) z. B. verträgt eine Austrocknung, selbst wenn sie soweit geht, daß die Flechte zu Pulver gerieben werden kann, und sie lebt selbst nach zweimonatlicher Austrocknung wieder auf. Das Cypressen-Astmoos (Hypnum cupressiforme) dagegen wird durch einmonatliche und die gabelteilige Metzgerie (Metzgeria furcata) schon durch zweiwöchentliche Aufbewahrung im Trocknen getötet.

Die Lebensweise der Pflanzen.

Der größte Teil der Pflanzen ist an den Erdboden gebunden, in dem sie ihre Wurzeln ausbreiten und aus dem sie einen guten Teil der ihnen nötigen Nährstoffe entnehmen. Nicht immer sagen ihnen die verschiedenen Bodenarten aber in gleicher Weise zu; oft werden besondere von ihnen bevorzugt oder mit Ausschluß aller anderen allein bewohnt.

In der Regel meiden sie das nackte Gestein und finden sich nur dann erst ein, wenn die Oberfläche desselben schon eine mehr oder weniger tiefgehende Zersetzung erfahren hat. Nur die Flechten überziehen auch den kahlen Fels, sie vermögen demselben fest auf- oder selbst einzuwachsen, indem sie die fadenförmigen Zellen ihrer gesamten Unterseite oder besonderer Stellen derselben (der Haftorgane oder Rhizinen) in die feinste Ritze hineinsenden. Sie bewirken dadurch zugleich eine allmähliche Auflösung der äußersten Gesteinsschicht und arbeiten damit anderen ihnen folgenden höheren Pflanzen vor.

Eine Minderheit von Pflanzen bewohnt das Wasser. Die größte Zahl der sporentragenden Wassergewächse schwimmt frei darin. Viele der niedersten

von ihnen sind selbst mit Ortsbewegung begabt und tummeln sich, den Infusionstierchen gleich, in der mannigfachsten Weise in demselben herum. Andre sitzen wieder größeren, massigeren Pflanzengestalten oder verschiedenen im Wasser befindlichen Gegenständen an. Hierzu bieten die Bakterien, die phykochromhaltigen Algen mit den bekannten und verbreiteten Springfäden (Oscillarien), die Stückelalgen oder Diatomaceen, die Konjugaten mit den zierlichen Desmidieen, ferner die Palmellaceen mit den eigentümlichen, tierähnlichen Volvocineen zahlreiche Beispiele.

Die phanerogamen und die vollkommener gebauten kryptogamen Wasserpflanzen, wie auch die höhern Algen, zeigen ebenfalls ein zweifaches Verhalten. Die bei weitem größte Zahl derselben wurzelt auf dem Grunde der Gewässer oder sitzt an Steinen oder Felsen. Die grünen Teile bleiben dann bald untergetaucht, bald schwimmen sie frei auf der Oberfläche des Wassers. In dem ersten Falle sind sie sehr häufig fadenförmig zerschlitzt. Ich erinnere dabei nur an den flutenden Hahnenfuß (Ranunculus fluitans), das Tausendblatt (Myriophyllum) und Hornblatt (Ceratophyllum), während der Wasserhahnenfuß gleichzeitig untergetauchte Blätter mit fädlichen Zipfeln und schwimmende Blätter von nierenförmiger Gestalt besitzt. Die Blüte bleibt auch bei Wasserpflanzen mit untergetauchten Blättern selten untergetaucht; sie erhebt sich meist bis über den Wasserspiegel, auf demselben schwimmend oder noch ein Stück über denselben emporragend. Dies Letztere vermißt man nur bei vielen Najadeen und dem Hornblatt. Die befruchtete Blüte zieht sich stets wieder unter den Wasserspiegel zurück, um auf dem Grunde des Gewässers ihre Reife zu erlangen. Von den vollkommenen Wasserpflanzen schwimmt nur eine kleine Zahl frei auf dem Wasser. Zu ihnen gehören die verschiedenen Arten Wasserlinse (Lemna — worunter die kleinste phanerogame Pflanze, Lemna arrhiza), dann die merkwürdige Muschelblume (Pistia stratiotes). Auch der Froschbiß (Hydrocharis morsus ranae) läßt seine mäßig langen Wurzeln frei in das Wasser hinabhängen, aus diesem allein seine Nahrung nehmend. Ferner vegetiert schwimmend der den Hauptbestandteil der Tangwiesen des atlantischen Oceans bildende Sargasso-Tang (Sargassum bacciferum). Um sich immer auf der Oberfläche zu erhalten, ist er mit beerenartig aussehenden, gestielten Luftblasen versehen, während andere auf der Oberfläche des Wassers schwimmende Pflanzen bez. Pflanzenteile von geräumigen Luftkanälen durchzogen werden. In den gemäßigteren Klimaten zeigen die auf der Oberfläche des Wassers frei lebenden Pflanzen beim Eintritt der kälteren Jahreszeit ein eigentümliches Verhalten. Sie bilden nämlich Ende Sommers Brutknospen, die sich reichlich mit Reservestoffen füllen und größerer lufthaltiger Intercellulargänge gänzlich entbehren. Stirbt im Herbste die Pflanze ab, so lösen sie sich von ihr los und sinken zu Boden. Beim Wiedereintritte der Vegetation im nächsten Frühlinge aber beginnt ihr Wachstum zunächst auf dem Grunde; sie bilden abermals weite Luftkanäle, erleichtern sich dadurch ganz bedeutend und steigen wieder zur Oberfläche auf, um dort ihr Sommerleben von neuem zu beginnen.

Eine Anzahl niederer Pilze bedarf zu seiner Vegetation solcher Flüssigkeiten, welche gewisse organische Verbindungen in Lösung enthalten. Diese Verbindungen werden von ihnen zersetzt d. h. unter Abscheidung von Kohlen-

säure in einfachere Verbindungen zerlegt, und zwar einzig und allein durch ihren Vegetationsprozeß. In zuckerhaltiger Flüssigkeit vegetieren die Alkoholgährungspilze (Saccharomyces cerevisiae, ellipsoideus etc.), in anderen, einen größeren Stickstoffgehalt besitzenden Bacterien aller Art: das gemeine Bacterium termo, die verschiedenen Microkokken, Bacillen, Spirillen rc. Auch die vollkommeneren Pilzformen, besonders die sogenannten Schimmelformen, befallen gern derartige Lösungen und breiten sich mit Vorliebe darin aus, oft sogar in solchen, welche sehr starke Gifte in verhältnismäßiger Konzentration enthalten. So sind z. B. Schimmelfäden in Arseniklösungen gar nichts Seltenes. Auch auf festen organischen Stoffen wachsen zahllose große und kleine Pilze. Besonders sucht man dergl. auf abgestorbenen Pflanzenteilen selten vergebens.

Die modernden äußeren Baumrindeschichten werden ebenfalls von Pflanzen verschiedenster Art gern zur Wohnstätte erkoren. Bei uns sind sie die Wohnplätze zahlreicher Flechten und Moose, in den Tropenländern vegetieren daran auch viele Orchideen. Dergleichen Pflanzen darf man aber durchaus nicht als Parasiten ansehen. Sie benutzen bloß etwas, was der Baum im Begriff ist abzustoßen, was für ihn ferner ebensowenig Wert hat, als die Ausscheidungsprodukte für die Tiere. Übrigens ist ihr Vorkommen durchaus nicht von einem bestimmten Nahrungsbedürfnisse abhängig. Der Ort an der Pflanze resp. an dem Baume, wo sie auftreten, ist mehr bloße Haftstelle als Nährboden. Stets entnehmen sie dabei den bei weitem größten Teil der nötigen Nährstoffe aus der Luft.

Ein ähnliches, aber viel engeres Zusammenleben ungleichnamiger pflanzlicher Organismen tritt uns in der Natur noch öfters entgegen.

Ich erinnere hier zunächst an die eigentümlichen Associationen, die zwischen verschiedenen Pflanzen vorkommen. Zunächst sei des Verhältnisses zwischen Azolla und Anabaena gedacht, welches uns die Professoren Mettenius und Strasburger klargelegt haben. Um dasselbe genauer kennen zu lernen, folgen wir in der Darstellung desselben einem Vortrage, welchen Prof. de Bary in einer allgemeinen Sitzung der Naturforscherversammlung in Kassel hielt. „Azolla ist der Name einer Gattung farnartiger Gewächse, die ungefähr aussehen wie große beblätterte Moose und an der Oberfläche von Gewässern schwimmend wachsen, ähnlich unsern Wasserlinsen. Ein reich verästelter, nach abwärts zahlreiche Wurzeln treibender Stengel ist dicht mit zweizeilig angeordneten Blättern besetzt und mit diesen horizontal auf die Wasserfläche gelegt. Jedes Blatt hat zwei Lappen, die beide parallel der Wasserfläche übereinander liegen, der eine, untere, unmittelbar auf dem Wasser, der andere, obere, dicht über jenem. Der Bau dieser Pflanzen zeigt, mit selbstverständlicher Abrechnung specifischer Besonderheiten, keine wesentlichen Verschiedenheiten von dem anderer Gewächse bis auf eine ganz besondere Eigenheit. An der dem Wasser zugekehrten, also unteren Fläche jedes obern Blattlappens ist ein enges Loch, welches in eine relativ geräumige, von Blattfläche umschlossene, mit besonderen Haaren bekleidete Höhlung führt. In dieser lebt nun in jedem lebenden Blatte eine kleine blaugrüne Alge, aufgebaut aus einer einfachen rosenkranzförmigen Reihe länglich gerundeter, von Gallerte umgebener Zellen, wie solche für viele Angehörige der Nostocfamilie und speciell für die in dieser als Anabaena unterschiedene Formengruppe charakteristisch sind. Mit

dem successiven Absterben der alten Blätter stirbt auch die Anabaena in denselben, soweit die Untersuchungen reichen. Andere Algen sind in den Höhlungen nicht vorhanden. Rätselhaft blieb es lange, wie der sonderbare Gast ausnahmslos in jedes Blatt hineinkomme, um so mehr, als er außen an den erwachsenen Teilen der Pflanze, am erwachsenen Blatte und selbst am Eingange der Höhle nicht zu finden war. An einer Stelle wurde er schließlich aber doch nachgewiesen, nämlich dicht unter der Spitze eines Zweiges, welche hier wie bei allen verwandten Pflanzen fortwährend in die Länge wächst und successive neue Blätter und neue Zweige bildet. Jene äußerste Spitze ist hakenartig aufwärts gekrümmt, dicht hinter ihr daher ein konkaver Raum, welcher seitlich von den jungen Zweig- und Blattanfängen umgeben wird. Dieser konkave Raum wird nun gleichfalls von der Anabaena bewohnt. In ihm tritt dieselbe hinter die Spitze jedes der entstehenden Zweiganfänge, um hier sofort die bezeichnete Stellung einzunehmen. An ihn sind die jungen Blätter angelegt, ihre oberen Lappen anfangs flach, schon frühe aber an ihrer Unterfläche eine Erhebung zeigend in Form eines Ringwulstes, welcher sich dann rasch zur Bildung der Höhle mit ihrem Eingange vergrößert. Mit dem Beginne der Erhebung wird ein Teil der Alge in den umwölbten Raum eingeschlossen, um dann mit und in der Höhlung weiter zu wachsen. Die spätere Streckung des Stengels entfernt und isoliert jede Blattportion der Anabaena weit von ihrer ursprünglichen Brutstätte. Mettenius und Strasburger fanden kein Blatt ohne die Höhlung, keine Höhlung ohne die Anabaena.“ Interessant ist noch, daß die sämtlichen Species (4), welche man von der Azolla kennt und von denen zwei Amerika und Australien, eine Australien, Asien und Afrika und eine dem Nilgebiete allein angehört, ein und dieselbe Form der Anabaena enthalten.

Weiter giebt es nun aber auch Fälle, in denen Verwandte der Anabaena von Landpflanzen beherbergt werden. So erfüllt eine Nostocspecies sehr oft ganze Zellgruppen des Stammparenchyms einiger Arten von Gunnera*) mit dichten blaugrünen Fadenknäueln. Ferner bewohnen gar nicht selten üppig vegetierende Nostocmassen bei verschiedenen Cycadeen (in unseren Gewächshäusern als Sagopalmen bekannt) die an den Ästen der Pfahlwurzel senkrecht sich erhebenden Gabelzweige, wobei sie an denselben eine ganz charakteristische Strukturveränderung herbeiführen. Es wächst nämlich innerhalb der Rinde eine bestimmte Parenchymschicht, die an von Nostoc nicht bewohnten Wurzeln dicht und von den angrenzenden nicht verschieden ist, zu einem Gewölbe heran, das von schmalen Balken getragen wird, zwischen denen sich weite, untereinander in Verbindung stehende Zwischenräume befinden, die die Nostocmassen einschließen. In einer Wasserlinse, der Lemna trisulca, fand Prof. Cohn die Intercellularräume dicht von grünen Endophyten in allen Entwickelungsstadien besetzt, die einer Algenspecies aus der Ordnung der Zoosporeen (vielleicht der Algengattung Hydrocytium) angehörten.

*) Gunnera ist eine den Nesselgewächsen (Urticaceen), nach Andern den Halorагisgewächsen zugehörige Gattung, deren Species besonders im westlichen Südamerika vorkommen.

Wir finden endlich auch Pflanzen so eng miteinander verbunden, daß sie einen Organismus zu bilden scheinen. Diese Pflanzengemeinschaften treten aber nicht etwa vereinzelt auf, sondern stellen eine ganze Vegetationsform vor, eine große, mehrere tausend Arten umfassende und weitverbreitete Pflanzengruppe. Ich meine die Flechten oder Lichenen, die im Gebirge Heideboden, Felswände, Baumstämme massenhaft überziehen und dort jedem auffällig werden, der Auge und Ohr für die Natur offen hält. Früher betrachtete man die Flechten als eine besondere Pflanzenklasse und stellte sie den Pilzen zur Seite. Man meinte, eine jede Flechte bestehe wie der Pilz aus langen fadenförmigen Zellen, unterscheide sich aber dadurch von ihm, daß an bestimmten Stellen Chlorophyllmassen in das Fadengeflecht eingestreut seien. Jetzt weiß man, daß die Flechte durch die Verbindung einer bestimmten Pilzspecies mit einer bestimmten Algenspecies gebildet wird, also nichts Anderes ist, als eine eigentümliche Vergesellschaftung von Einzelwesen aus zwei verschiedenen Pflanzenklassen. Säet man die in den Flechtenfrüchten reichlich enthaltenen Sporen aus, so gehen aus ihnen Pilzfäden hervor, die in der Regel bald absterben. Sie können sich überhaupt nur dann zu Flechten gestalten, wenn sie die richtige Alge finden, mit der sie in Vereinigung zu treten vermögen. Der Pilz lebt einzig und allein von den Assimilationsprodukten der Alge, ohne sie dabei in ihrer Vegetation und Vermehrung zu behindern. Er giebt der Alge gewissermaßen Quartier und läßt sich dafür von ihr ernähren. Ohne seinen Mieter könnte er nicht existieren, während dieser, aus dem umschließenden Pilzgewebe befreit, sich munter weiter entwickelt. Die Zahl der Algenspecies, die in einen Flechtenverband eintreten, ist eine ziemlich große, und sie umfaßt die verschiedensten engeren Verwandtschaftskreise. Jedenfalls ist sie aber weit geringer, als die Zahl der flechtenbildenden Pilzspecies und der nach diesen unterschiedenen Flechtenarten, da eine und dieselbe Algenspecies zu mehreren, ja vielleicht zu vielen voneinander verschiedenen Flechtenformen Verwendung finden kann.*)

Während in den eben dargelegten Fällen die eine Pflanze die andere nur als Wirt benutzt, der ihr Wohnung gewährt, dem sie wahrscheinlich aber keinerlei organisierte Stoffe entzieht, sondern wie im letzten Falle organische Stoffe darbietet, so giebt es auch viele andre Vergesellschaftungen, bei welchen eine Pflanze sich auf oder in dem Körper einer andern Pflanze ansiedelt, um ihre gesamte Nahrung oder doch den größten Teil derselben aus den Körperbestandteilen derselben zu entnehmen, ohne auch nur die geringste Gegenleistung dafür zu bieten. Hier haben wir die reine Ausbeutung des einen Organismus durch den andern, das echte Schmarotzertum (Parasitismus) vor uns.

Wenn wir das enge Zusammenleben zweier ungleichnamiger Pflanzen als Symbiose bezeichnen, so müssen wir darnach zwei Hauptkategorien derselben aufstellen, nämlich eine solche, bei welcher die beiden Organismen sich in ihrer Vegetation nicht nur nicht hindern, sondern vielmehr einander fördern nnd eine solche, bei welcher sie sich gegenseitig bekämpfen oder, wie oben gesagt wurde, wo einer den andern ausbeutet. Prof. de Bary be-

*) Diese neue Anschauung von den Flechten verdanken wir in erster Linie dem Prof. Schwendener in Zürich.

zeichnet das erstere Verhältnis als mutualistische (sich gegenseitig fördernde), das letztere als antagonistische (einander feindliche) Symbiose. Freilich wird eine scharfe Abgrenzung beider nicht immer in allen Fällen möglich sein.

Die antagonistische Symbiose anlangend, so giebt es Pflanzen, die auf anderen Pflanzen als Schmarotzer auftreten, fast in allen Abteilungen des Pflanzenreichs. Die größte Zahl stellen freilich die Pilze. Ihr Vorkommen auf gewissen Pflanzen hat stets bestimmte Krankheiten derselben zur Folge. Eine Übertragung der Krankheit von einer Pflanze zur andern erfolgt durch die Keimzellen oder Sporen oder aber durch das Mycelium der Pilze. Nach der Art und Weise des Vorkommens an der Nährpflanze unterscheidet man die parasitischen Pilze als epiphyte (d. h. auf der Oberfläche der Nährpflanze auftretende) oder endophyte (im Innern derselben wuchernde). Zu den ersteren zählen die verschiedenen Mehltauarten (Erysipheen), die eine große Anzahl unserer Kulturgewächse befallen, aber auch an wildwachsenden Pflanzen ziemlich häufig angetroffen werden, ferner der Rußtau (die Konidienform von Fumago). Ihr Mycel überzieht die Oberfläche des Wirtes und heftet sich derselben hie oder da mittelst sogenannter Haustorien (warzenförmiger Ausstülpungen) an. Bei den Endophyten hingegen, denen die Mehrzahl der Pilzschmarotzer angehört, vegetiert das Mycel stets im Innern der Nährpflanze.

Bei sämtlichen Pflanzenparasiten aus der Klasse der Pilze beginnt die Keimung der Spore außerhalb der Nährpflanze; auch bei den Endophyten gelangen nicht etwa die Sporen als solche ins Pflanzeninnere, sondern nur die Keimschläuche. Der Eintritt derselben erfolgt entweder an jeder beliebigen Stelle durch die Wand der betreffenden Epidermiszelle hindurch, oder nur allein durch die Spaltöffnungen. Bei den einfachsten endophyten Schmarotzern, den Chytridiaceen, nimmt jedes Individuum auf dem Wirte nur eine einzige Zelle in Beschlag, die freilich in der Regel einen ganz außergewöhnlichen Umfang erreicht. Die übrigen besitzen ein echtes Mycel, das sich in der Nährpflanze nach verschiedenen Richtungen hin ausbreitet. Bald bewohnt es nur die Intercellularräume (Peronosporeen), bald durchsetzt es auch die Zellmembranen und wuchert in dem Zellinneren (Ustilagineen, Pyrenomyceten). Die Sporen vieler endophytischen Pilze werden entweder innerhalb des Parenchyms gebildet, in dem das Mycel vegetiert — und zwar bald in bald zwischen den Zellen —, oder sie entstehen unter der anfangs unverletzten, aber schließlich aufreißenden Epidermis. Endlich entwickeln viele Pilze ihre Fruchtträger aber auch an der Außenseite ihres Wirtes und treten zu diesem Zwecke teils durch die Spaltöffnungen, teils an beliebigen anderen Stellen hervor, an denen sie die Oberhaut durchbohren. Letzteres ist z. B. bei den Peronosporeen der Fall. Ferner verhalten sich die Pilzparasiten sehr oft zu den einzelnen Organen und Geweben ihrer Nährpflanzen sehr verschiedenartig. In dem einen Falle leben sie nur auf den Blättern, im anderen nur in der Blüte bez. Frucht, in noch anderem nur an den Wurzeln ꝛc. Bald beschränken sie sich auf einen kleinen Teil der Pflanze, bald durchwuchern sie dieselbe ganz oder wenigstens zum großen Teile. Bald machen sich ihre Wirkungen in der Nähe der Eintrittsstelle geltend, und es werden hier die Fruchtträger gebildet; bald geschieht dies weit davon entfernt. Im letzteren Falle erfolgt der Eintritt immer an einer

bestimmten Stelle. So bei den Brandpilzen (Ustilagineen), beispielsweise dem Flugbrand (Ustilago segetum), dessen Keimschlauch sich in das erste Halmglied der jungen Getreidepflanze einbohrt, aber erst in dem Blütenstande die Sporen bildet.

Die höheren (phanerogamen) pflanzlichen Schmarotzer zeigen eine große Mannigfaltigkeit in Bezug auf ihre Lebensweise und ihre Organisation. Zunächst hat man hier zwischen chlorophyllhaltigen und chlorophyllfreien zu unterscheiden, da es von großer Wichtigkeit ist, ob ein Schmarotzer, wie der chlorophyllfreie, mit allen Bedürfnissen auf seinen Wirt angewiesen ist, oder ob er nur Wasser und Salze von ihm bezieht, die organische Substanz aber selbst bereitet. Die ersteren, zu denen die Cuscutaceen, Orobancheen und Rafflesiaceen gehören, setzen sich mit ihrer Nährpflanze gewissermaßen in organische Verbindung. So treiben die Cuscuteen oder Seidengewächse, von denen die Klee- und Flachsseide vom Landmanne am meisten gefürchtet werden, lange fadendünne, bleichgelbe (chlorophyllfreie) Stengel, die sich vielfach um ihre Nährpflanzen winden und mit ihnen an den meisten Berührungspunkten verwachsen. Es geschieht das durch kleine Saugwarzen oder Haustorien, die reihenweise an der Stengelseite entstehen, welche der Nährpflanze anliegt. Bei ihrer Bildung erhebt sich zunächst an der betreffenden Stelle die Rinde des Schmarotzers, und dann bricht aus dem darunter liegenden Gefäßbündel ein nebenwurzelartiges Gebilde hervor, das sich an der berührten Stelle in den fremden Pflanzenkörper einbohrt, bis zu dem zunächstliegenden Gefäßbündel wächst und sich diesem eng anlegt, so daß das Gefäßbündelsystem der Nährpflanze mit dem des Schmarotzers in unmittelbare Verbindung tritt. Mit dem Erdboden hängt die Seide nur im Stadium der Keimung zusammen; sobald sie festen Fuß auf einem Wirte gefaßt hat, wird dieser Zusammenhang aufgegeben, indem die ersten Stengelglieder absterben. Bei den Orobancheen, die mit einem dicken, von schuppenartigen Blättern bedeckten Blütenschafte den Wurzeln verschiedener Pflanzen aufsitzen, stellt der Keimling anfangs ebenfalls einen dünnen fadenförmigen Körper dar, dessen unteres, der Wurzel entsprechendes Ende sich in die Nährwurzel einbohrt und unterhalb der Spitze zu einem knollenförmigen Körper anschwillt, der ihr fest aufsitzt. Bei den Rafflesiaceen endlich (z. B. der in Sumatra heimischen Rafflesia Arnoldi mit ihren einen Meter im Durchmesser haltenden und 5—8 Kilo schweren Blüten), bei denen die vegetativen Organe (Stengel und Blätter) auf ein Minimum reduziert, die reproduktiven (die Blüte) dagegen geradezu ungeheuerlich ausgebildet sind, ist der Stengel, welcher als knollen-, polster- oder scheibenförmiger Körper auftritt, an seiner Innenfläche oft mit unregelmäßigen Zacken in das Holz des Wirtes eingekeilt und unregelmäßig von Gefäßbündeln durchsetzt, die sich an die Gefäßbündel des Holzes der Nährwurzel anlegen; oder es wachsen bei einzelnen Arten auch aus dem Holze der Nährwurzel starke verzweigte Gefäßbündel in den knolligen Ansatz hinein, der den Stamm des Schmarotzers vertritt.

Die chlorophyllhaltigen phanerogamen Schmarotzer besitzen echte, mit grünen Laubblättern versehene Stengel und sind infolgedessen fähig, selbst zu assimilieren. Sie entziehen daher ihrem Wirte nur Wasser und mineralische Nährstoffe. Von den bei uns einheimischen ist in erster Linie die Mistel (Viscum album) zu nennen, welche die Äste verschiedener Holzgewächse bewohnt.

Sie gehört den in Nord- und Mitteldeutschland durch keine andre Art bez. Gattung vertretenen Loranthaceen an, einer Familie, die noch einen Vertreter in Süddeutschland bez. Südeuropa (Loranthus europaeus auf Eichen) hat, aber in der heißen Zone in vielen Arten vorkommt. Die Mistel wächst immer strauchartig. Von ihrer Ansatzstelle aus bildet sie im Cambium ihres Ernährers und zwar in der Längsrichtung des Astes parallele Rindenwurzeln, an deren Oberseite hie und da Adventivknospen entstehen, die sich zu Mistelbüschen entwickeln, während an der Unterseite Organe entspringen, welche sich keilförmig in den Nährast einschieben. Es sind dies die sogenannten Senker, welche aus einem von Gefäßbündelsträngen durchzogenen Parenchym bestehen, das sich mit den Elementen des Holzkörpers vom Wirte aufs innigste verbindet. Jeder neue Jahrring, den der Wirt bildet, schließt den Senker tiefer ins Holz ein. Die Keimung der Mistel erfolgt in der Weise, daß das Wurzelende des Keimlings sich zunächst dicht an die Oberfläche des Zweiges, an dem die Keimung vor sich geht, anlegt, worauf aus demselben die eigentliche Wurzel hervorbricht, welche sich in die Rinde des Zweiges einbohrt und im Cambium Rindenwurzeln entwickelt, indes das Stengelende des Keimlings die ersten Blätter hervorbringt. Außerdem sind bei uns noch eine Anzahl Wurzelschmarotzer heimisch, welche aus dem Erdboden hervorwachsen und nur an einzelnen Punkten ihre Wurzeln mit den Wurzeln anderer Pflanzen in Verbindung setzen, um ihnen Nahrung zu entnehmen. Zu diesem Zwecke bilden sich am Ende verschiedener Würzelchen des Schmarotzers fleischige Anschwellungen (Haustorien), welche sich der Wurzel einer Nachbarpflanze fest anheften oder sie umschließen. Auch in diesem Falle treten Gefäßzellen aus dem Gefäßbündel der Wurzel des Schmarotzers hervor und stellen eine enge Verbindung mit dem entsprechenden Gewebe der Nährwurzel her. Beispiele hierzu bilden die den Santelgewächsen (Santalaceen) zugehörige Gattung Thesium (Verneinkraut) mit etwa 5 mittel- und norddeutschen Arten, ferner die auf unseren Wiesen heimischen Rachenblütler aus der Abteilung der Rhinanthaceen: Wachtelweizen (Melampyrum), Läusekraut (Pedicularis), Klappertopf (Rhinanthus) und Augentrost (Euphrasia).

Auch zwischen Pflanzen und Tieren kommen mancherlei symbiotische Erscheinungen vor. So giebt es einzellige Algen, die zu verschiedenen niederen Wassertieren in demselben Verhältnisse stehen, wie die Alge zum Pilze in der Flechte. Innerhalb des Tierleibes auftretend und nach Art echter Pflanzen selbst assimilierend entziehen diese Algen ihren Wirten nicht nur keine organischen Stoffe, sondern liefern ihnen vielmehr solche. Die Tiere ernähren sich, sobald ihnen die Algen fehlen wie echte Tiere durch Aufnahme fester organischer Stoffe; sobald sie aber genügende Mengen von Algen enthalten, leben sie wie echte Pflanzen nur durch Assimilation unorganischer Stoffe. Stellen bei mangelhafter Beleuchtung die Algen — ähnlich allen anderen grünen Pflanzen — ihre Funktion ein, so muß sich das Tier wieder nach Art der Tiere ernähren oder, falls es sich dieser Ernährungsweise nicht wieder anzubequemen vermag, zu Grunde gehen. K. Brandt, der nur jüngst erst dieses eigentümliche Zusammenleben näher untersuchte, vermochte die erwähnten Algen keiner beschriebenen Algengattung einzuordnen und schuf für sie zwei neue Genera: das Genus Zoochlorella, unter dem er die grünen Körper niederer Wassertiere aus der Gruppe der Protozoen,

Spongien, Hydrozoen und Turbellarien zusammenfaßte und das Genus Zoanthella, in dem er die gelben Zellen der Radiolarien, gewisser Hydrozoen und Actinien vereinigte. Die 3—6 Mikromillimeter (μ) messenden grünen Zellen der Hydra und verschiedener Wimperinfusorien benannte er als Zoochlorella conductrix, die weit kleinern (1,5—3 μ) der Spongilla als Z. parasitica rc.

Während in den ebenbeschriebenen Fällen die Pflanzen sich dem Leben des Tieres förderlich erweisen, mithin als mutualistische Symbioten auftreten, giebt es nun aber auch zahlreiche Fälle, wo sie auf den Tieren rein parasitisch leben, sich demnach als antagonistische Symbioten (Parasiten) verhalten.

Die pflanzlichen Schmarotzer auf Tieren gehören ausschließlich der Klasse der Pilze an. Ihr Auftreten geht in der Regel mit mehr oder minder tief eingreifenden Störungen in den Funktionen der verschiedenen Organe Hand in Hand; sie sind also Krankheitsursachen. In erster Linie gehören hierher die Bakterien, kleine kugelige oder stabförmige oder schraubenförmige Organismen, die sich in der Regel durch Teilung, zuweilen aber auch durch Sporen vermehren. Bei vielen ansteckenden Krankheiten der Menschen und höheren Tiere wurden sie bereits nachgewiesen: bei Diphtheritis, Variola, Malaria, Rückfallstyphus, Tuberkulose, Milzbrand rc. Daß sie die eigentlichen Erreger ansteckender Krankheiten sind und nicht bloße Begleiter derselben, machen die Art und Weise ihres Auftretens, ihre massenhafte Vermehrung und dergleichen im höchsten Grade wahrscheinlich. Bei Diphtheritis und den Blattern stellen die betreffenden Organismen kleine kugelige, bei Malaria, Tuberkulose und Milzbrand kleine stabförmige, bei Rückfallstyphus schraubenförmige Gebilde dar. Vergleiche Taf. I. Figur 1 a, c, d, e.*) Verschiedene einfache Fadenpilze schmarotzen ferner auf und in der Körperhaut, sowie in den Wurzeln der Haare, oder auch auf den Schleimhäuten der Körperöffnungen.

Auf der Zunge und den Schleimhäuten der Mundhöhle vegetiert der Soorpilz (Oidium albicans); auf bez. in der Kopfhaut der Favuspilz (Achorion Schönleinii), welcher bei Menschen und Tieren den sogenannten Erbgrind hervorruft; an Kopf und Hals (auch an anderen Körperteilen) von Menschen und Haussäugetieren das Trichophyton tonsurans als Erzeuger der Glatz- oder Ringflechte; an den von Kleidern bedeckten Körperteilen erwachsener Menschen das Microsporon furfur als Ursache des Kleiengrindes rc. An Insekten treten besonders Pilze aus den Familien der Entomophthoreen und Pyrenomyceten auf und erzeugen unter ihnen förmliche Epidemieen. So fallen im Herbste der Empusa muscae die Fliegen massenhaft als Opfer, während die Empusa radicans nicht selten unter den Raupen des Kohlweißlings gewaltig aufräumt. Botrytis Bassiana, die Konidienform eines Kernpilzes, verursacht die von den Seidenraupenzüchtern früher so gefürchtete Muscardine, wird aber nicht bloß den Seidenraupen gefährlich, sondern findet sich auch unter den bei uns heimischen Schmetterlingsraupen und führt sie wieder auf eine geringere Zahl zurück, wenn sie sich infolge

*) Zu Figur 1e muß bemerkt werden, daß durch ein Versehen die schraubenförmigen Spirillen beseitigt wurden und die Abbildung nur Blutkörperchen zeigt.

günstiger Entwicklungsbedingungen einmal übermäßig vermehrt hatten. In der Konidien-, wie in der Schlauchform findet man ferner an Puppen und Raupen von Schmetterlingen häufig die Torrubia militaris. Dieser Pilz sucht die erwähnten Geschöpfe sehr oft in ihrem Winterlager heim und tötet sie.

Dergleichen aus Insekten hervorwachsende Pilze wurden bereits im vorigen Jahrhundert entdeckt und unter dem Namen „muscae vegetabiles", „mouches végétants", „zoophytische Fliegen" als wunderbare Erscheinungen vielfach angestaunt.

Die Lebensdauer und der natürliche Tod der Pflanzen.

In dem Sinne wie bei den höheren Tieren ist die Lebensdauer nur bei einer Anzahl von Pflanzen begrenzt, nämlich bei den ein- und zweijährigen Gewächsen. Die Vegetation derselben ist für immer beendet, sobald sie ihre Früchte gereift haben. Ein derartiges Gewächs kann nur dann eine längere Lebensdauer haben, wenn es stetig an der Fruchtbildung verhindert wird (die mehrjährigen Resedabäumchen).*)

Auch bei den Stauden sterben alljährlich die oberirdischen Teile ab. Es geschieht dies zugleich mit der Fruchtreife und infolge der Fruchtbildung wie bei den ein- und zweijährigen Gewächsen. Aber auch hier kann man die oberirdischen Teile viele Jahre hindurch erhalten, wenn man die Fruchtbildung hindert. So erzählt z. B. Endlicher von einem Luzernestock, der 80 Jahre alt wurde, weil er keine Früchte trug. Bei den Staudengewächsen bleiben beim normalen Vegetationsverlaufe die unterirdischen Stammteile stets von dem Absterben verschont, und das ganze Pflanzenindividuum erhält sich, weil dieser unterirdische Teil alljährlich neue oberirdische Triebe erzeugt. Da nun das Rhizom sich aber auch fortwährend verjüngt, indem es alljährlich neue unterirdische Teile zur Entwicklung bringt, während andere absterben, so entsteht das Bild eines Wachstums, welches nur äußere Ursachen begrenzen. Das Pflanzenindividuum, obgleich es sich nach einigen Jahren erneuert hat und nicht mehr dasselbe ist, wie früher, bleibt doch dasselbe Individuum. Ganz ähnlich verhält sichs mit einer Anzahl Halbsträucher (Heide, Preißelbeere &c.), deren alte Stämmchen mit ihren kurzen Zweigen hart am Boden hinwachsen und in ihren ältesten Teilen fort und fort absterben, während die jüngeren durch wiederholte Bewurzelung das Leben erhalten.

Bei den Bäumen endlich fügen sich Jahr um Jahr neue Zweige an, während der Stamm nebst den vorhandenen Ästen und Zweigen mehr und mehr erstarkt. So nehmen sie im Laufe der Zeit oft ganz gewaltig an Umfang zu. Allerdings giebts auch für die einzelnen Bäume in Beziehung auf ihr Wachstum eine bestimmte Grenze, die sie nicht wesentlich überschreiten; aber wenn dieselbe erreicht ist, tritt für das Leben doch noch kein Stillstand ein. Auch hier sind es nur äußere Einwirkungen, die schließlich den Stillstand herbeiführen. Meist sind es Einflüsse der Witterung, durch welche alte Bäume zu Grunde gehen. Die Stämme werden kernfaul, hohl und

*) Stämme von verschiedenen Kohlarten hat man auf diese Weise 30 Jahre und länger erhalten und zu beträchtlicher Stärke herangezogen.

endlich vom Sturme gebrochen. Man kann also den Bäumen ebenso wie den Stauden die Möglichkeit einer unbegrenzten Lebensdauer zuerkennen und behaupten, daß sie die Notwendigkeit ihres Unterganges nicht in sich selbst tragen. Es sind auch wirklich eine große Anzahl Bäume bekannt, die ganz unzweifelhaft ein außerordentlich hohes Alter besitzen, so die Seite 79 genannten Insassen des Mammuthhaines der Grafschaft Calaveros in Ober-Californien, und die Eibenstämme (Taxus baccata) auf den Kirchhöfen zu Braburn in Kent und zu Fotheringall in Schottland, welche letzteren bei 5,8—6,1 Meter Stammdurchmesser und ca. 17,5—18,3 Meter Fuß Stammumfang sehr wohl 2500—3000 Jahre alt sein können. Von den Laubhölzern erreichen ein besonders hohes Alter die Eichen (von denen eine bei Dodersdorf in Holstein von 13 Meter, die andere zu Bamel im Hessen-Darmstädtischen von 12,7 Meter Umfang existiert), ferner die Rotbuchen (deren eine bei Dänisch-Neuhoff 30 Cm. über der Erde 8 Meter im Umfange mißt), dann vor allem die Linden, (von denen eine der größten und ältesten sicher die bei Neustadt am Kocher in Würtemberg ist, welche schon 1226 von der Chronik als „der größte Baum an der Heerstraße erwähnt wird“ und gewiß ein Alter von nahe an 1000 Jahren hat); auch die edle Kastanie und die morgenländische Platane (von denen die zu Bujukdereh, 3 Stunden von Konstantinopel, unter deren Schatten Gottfried von Bouillon geruht haben soll, 30 Meter Höhe und 50 Meter Umfang besitzt) u. a. Selbst der Rosenstock am Dome zu Hildesheim wird auf ein Alter von über 800 Jahren geschätzt.

Fünftes Kapitel.

Die Pflanzenkrankheiten (Phytopathologie).

1. Allgemeines.

Auch bezüglich der Pflanzen sind wir gewöhnt, von Krankheiten zu sprechen. Kartoffelpflanzen, deren Blätter sich bräunen und absterben, Bäume, deren Stämme Zersetzungserscheinungen zeigen, nennen wir krank. Freilich ist bei den Pflanzen der Begriff des Krankseins nicht so leicht festzustellen, da hier die verschiedenen Organe nicht in so enger Wechselbeziehung zu einander stehen, wie bei den Tieren und daher einzelne Organe vom Körper getrennt werden können, ohne daß der Fortbestand des abgelösten Organs, wie der des Gesamtkörpers in Frage gestellt, ja ohne daß überhaupt eine merkliche Änderung der allgemeinen Lebenserscheinungen herbeigeführt wird. Die Störung, die ein einzelnes Organ durch den Krankheitsprozeß erfährt, berührt nur selten den allgemeinen Zustand des Individuums.

Wir haben es also bei den Pflanzenkrankheiten nicht zunächst mit dem Gesamtorganismus, sondern mit der krankhaften Beschaffenheit bez. Thätigkeit einzelner Pflanzenteile zu thun. Wollen wir finden, ob irgend ein Teil einer Pflanze krank ist, so können wir dies nur durch sorgfältige Vergleichung mit den entsprechenden Teilen anderer Individuen derselben Art feststellen; denn Krankheit ist bei den Pflanzen eben nichts Anderes als eine Abweichung von den normalen Zuständen derselben Pflanzenart. Hierbei ist besonders das Letztere zu betonen: „die Abweichung von den normalen Zuständen derselben Pflanzenart"; denn ein Zustand kann bei einer Pflanze abnorm sein, der bei einer anderen Spezies derselben Gattung normal ist, wie z. B. der Mangel der grünen Farbe u. s. w.

Sehr schwer ist mitunter zwischen Krankheitserscheinungen und bloßen Abänderungen (Variationen) zu unterscheiden, weil manche durch Kultur hervorgerufene Varietät im Grunde genommen nichts Anderes, als eine Krankheitserscheinung ist, wie z. B. der Blumenkohl mit seinen scheibenförmig kopfigen, gedrängten Blütenästen und seinen dichten fleischigen Knospen, oder wie die Zierpflanzen mit gefüllten Blüten, da ja durch diese Abänderungen normale Lebensvorgänge geradezu beeinträchtigt werden.

Andrerseits ist der Pflanzenzüchter nicht selten geneigt, durch Kultur erzeugte Abänderungen als das Normale und Rückschläge in die Stammform als etwas Krankhaftes anzusehen: wie das Holzichtwerden der Möhrenwurzel, das Steinichtwerden des Kernobstes u. a. m.

Für den Pflanzenzüchter, wie für den Botaniker überhaupt, ist es von größter Wichtigkeit, die Ursachen kennen zu lernen, welche Krankheiten an den Pflanzen hervorrufen, um im betreffenden Falle entweder den Krankheiten vorzubeugen oder ihnen am wirksamsten zu begegnen.

Als Krankheitsursachen sind zunächst Mangel oder ungenügende Beschaffenheit der allgemeinen Lebensbedingungen, ferner Verletzungen und endlich Schmarotzer zu betrachten, welche letztere wieder pflanzliche oder tierische sein können.

2. Mangel oder ungenügende Beschaffenheit der allgemeinen Lebensbedingungen.

Licht und Temperatur.

Jede Pflanze bedarf zu ihrem Gedeihen eines gewissen Maßes von Licht und Wärme, das nicht dauernd über-, aber auch nicht unterschritten werden darf.

Fehlt das Licht, so keimen wohl die Samen, so treiben wohl die Knollen, Zwiebeln, Rhizome aus, aber die jungen Pflanzen bez. die jungen Triebe vergeilen (etiolieren) d. h. sie bleiben gelb oder werden ganz bleich. Es fehlt ihnen der durch Alkohol ausziehbare Farbstoff, das Chlorophyll, das sich aber nachträglich zu bilden vermag, sobald Licht einwirkt. Bei schon ergrünten Pflanzenteilen verschwindet infolge dauernder Verdunkelung der grüne Farbstoff wieder, die Blätter werden erst gelbfleckig und dann ganz gelb.

Pflanzen, welche des Chlorophylls entbehren, können nicht assimilieren und infolgedessen nur so lange fortvegetieren, solange die vorhandenen Reservestoffe andauern; sind dieselben aufgezehrt, so müssen sie absterben. Oft reicht das Licht notdürftig zum Ergrünen, nicht aber zugleich zum Assimilieren aus. Auch in diesem Falle muß die Pflanze schließlich zu Grunde gehen. Besagter Umstand tritt leicht bei jungen Pflanzen ein, wenn sie unter Unkräutern wachsen, von denen sie dicht beschattet werden. Sie müssen dann, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, „ersticken“. Bei ungenügender Beleuchtung erwachsene Pflanzen besitzen aber auch ein weiches, widerstandsloses Gewebe; sie werden deshalb von Wind und Regen leicht niedergeworfen. Hierauf beruht das Lagern des zu dicht stehenden Getreides, da eben hier die einzelnen Pflänzchen unter zu starker gegenseitiger Beschattung wachsen und vergeilen.

Daß im Gegensatze aber auch zu intensives Licht der Pflanze schädlich werden kann, ist durch neuere Versuche ebenfalls nachgewiesen worden. Die schädliche Einwirkung intensiven Sonnenlichtes auf die untere Seite der Blätter war übrigens schon im vorigen Jahrhundert bekannt.

Weitere Störungen des Gesundheitszustandes der Pflanze erfolgen auch durch Einwirkungen der Temperatur. Für Pflanzen, die in Vegetation befindlich sind, wird in der Regel schon ein kürzerer Aufenthalt (10 Min.)

in einem Raume, der 50 °C. hat oder noch überschreitet, tötlich. Die saftreichen Pflanzenteile werden schlaff, weich und lassen schon bei dem geringsten Drucke den Saft austreten.

Eine dauernde Erniedrigung der Temperatur unter 0 ° führt eine intercellulare Eisbildung herbei. Sie ruft infolgedessen an Blättern und biegsamen krautigen Stengeln oft Krümmungen hervor und macht die vorher undurchsichtigen Pflanzenteile glasartig durchsichtig oder läßt auf der dunkelgrünen Färbung des übrigen Teils blaßgrüne bis weißliche Flecken hervortreten. Erfolgt das Auftauen langsam, so können die erwähnten Folgewirkungen vollständig wieder verschwinden. Die durch die Eisbildung hervorgerufenen Klüfte ziehen sich wieder zusammen, die biegsamen krautigen Stengel und Blätter erhalten ihre frühere Richtung, die letzteren auch ihre frühere Färbung wieder. Ist aber der Tod die Folge des Gefrierens, so verliert die Zellhaut ihre Straffheit, läßt die im Zellsaft gelösten Stoffe durchtreten, und der betreffende Pflanzenteil wird, sobald er dünn war, dürr; oder er fault, falls er eine fleischige Konsistenz besaß. Oft sind Spuren von Frostwirkungen längere Zeit hindurch an den Pflanzen wahrnehmbar. So erfrieren im Frühjahre von den jungen Blättern gar nicht selten nur die eben erst aus der Knospe herausgetretenen äußersten Teile, während die bedeckt gehaltenen unbeschädigt bleiben, und man sieht dann noch spät im Sommer die älteren Blätter der Triebe mit dürren Spitzen oder — wenn die Knospenlage eine gefaltete war — mit Löchern oder Spalten an Stelle der früheren Falten. Selbst vollkommen ausgebildete Blätter erhalten durch den Frost nicht selten graue Flecken. Es sind dies tote Stellen, d. h. solche, wo beim Gefrieren Eis entstand und beim Auftauen die betreffenden Zellen getötet wurden. Werden diesjährige junge Triebe durch Frühjahrsfröste getötet, so bilden sich zwar an der Basis derselben Ersatztriebe; es wird aber doch die Regelmäßigkeit der Verzweigung gestört, und diese Störung ist ebenfalls lange Zeit merkbar. Endlich hinterläßt der Frost im Innern der Gewebe nicht selten auch Bräunungen, oder er ruft an Halmgewächsen selbst Spaltungen hervor, die als Frostrisse bekannt sind und oft bis aufs Mark gehen. Kleinere Frostrisse, deren Überwallung durch wiederholtes Aufreißen verhindert wird, mögen zuweilen auch zur Angriffsstelle für verschiedene Zersetzungserscheinungen werden, die man als Frostkrebs bezeichnet.

Die schädlichen Einwirkungen des Frostes werden durch alles beschränkt, was an kalten Wintertagen eine zu tiefe Abkühlung und bei plötzlich eintretender Erwärmung ein zu rasches Auftauen verhindert. Die Frostschutzmittel können infolgedessen nur in Umgebung der Pflanze mit schlechten Wärmeleitern bestehen. Im Winter schützt am besten eine dichte Schneedecke. Dieser allein verdankt die Vegetation im hohen Norden ebenso wie die auf den hohen Bergen den Fortbestand. Auch Nebelbildung wirkt schützend, weil sie die Wärmestrahlung aus Boden und vegetierenden Pflanzen abmindert. Als künstliche Frostschutzmittel werden angewendet: Bedecken und Einpacken oder selbst Überdachen empfindlicher Freilandpflanzen (ersteres geschieht mit Moos, Laub, Schilf, Stroh, Decken), ferner das Anzünden von Rauchfeuern in Weinbergen, wenn Frostnächte vorauszusehen sind und das Benetzen freistehender Pflanzen mit Wasser nach der Frostnacht (behufs künstlicher Erzeugung von Tau oder Reif).

Einfluß von Boden und Luft.

Von großem Einfluß auf die normale Entwicklung der Pflanzen ist aber auch die Beschaffenheit des Mittels, in dem sie leben. Schädlich wirken natürlich ungeeignete Mittel. Kommen z. B. Wurzeln von Landpflanzen ins Wasser, so werden sie abnorm, verlängern sich ungewöhnlich, bleiben dabei sehr dünn, verzweigen sich außerordentlich reichlich und bilden schließlich filzige Zöpfe, sogenannte Wurzelzöpfe, welche Wasserleitungs-, Drainröhren u. s. w. nicht selten vollständig ausfüllen.

Krankhafte Zustände treten in der Regel ein, wenn oberirdische Teile von Landpflanzen dauernd unter Wasser oder in den Erdboden gebracht werden. Die Blätter von Landpflanzen verderben stets mehr oder weniger schnell unter Wasser, und daß eine Verschüttung von ursprünglich an der Luft gewachsenen Stammteilen höchst schädlich wirkt, hat schon mancher Gartenbesitzer nach Umänderung ursprünglicher Anlagen u. dergl. zu seinem Nachteile erfahren müssen. Nur die Pflanzen der Flußufer und Dünen, wie Weiden, Pappeln, Sanddorn 2c. können ohne Schaden Bodenveränderungen vertragen, ja vermögen selbst aus vollständiger Verschüttung wieder hervorzuwachsen. Jedenfalls wirkt der Abschluß von Luftzutritt für die meisten Pflanzen schädlich.

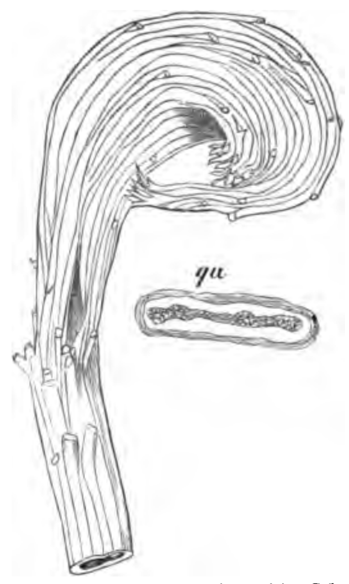
Genügende Durchlüftung des Bodens verlangt die Pflanze schon zur Keimung, und Samen, die zu tief ausgelegt werden, keimen stets nur in geringer Zahl, oder erreichen, wenn sie keimen, die Oberfläche nicht, sondern gehen schon vorher an Erschöpfung zu Grunde. In nassem Boden können infolgedessen Pflanzen, die nicht gerade einen eigentlich nassen Standort nötig haben, nicht auf die Dauer bestehen; sie werden wurzelfaul, fangen in den oberirdischen Teilen an zu welken und sterben endlich ab. Sehr häufig tritt diese Erscheinung ein bei Topfpflanzen, die im Begießen zu naß gehalten werden; aber auch bei Freilandpflanzen, selbst bei Bäumen, sobald sie mit ihren Wurzeln in wasserreiche oder undurchlassende Bodenschichten gelangen, ist sie nichts Seltenes. In solchem nassen Boden keimen auch die Samen nicht, sondern faulen vielmehr.

Enthält der Nährboden bei reichlicher, aber nicht übermäßiger Feuchtigkeit einen Reichtum an pflanzlichen Nährstoffen, so treten an verschiedenen Organen nicht selten Überernährungen (Hypertrophien) auf, die sich als Bildungen geltend machen, welche von den normalen abweichen und deshalb als Mißbildungen oder Monstrositäten erscheinen.

Hierher gehört die Verriesung, welche dann zum Ausdruck kommt, wenn Pflanzen in ihrer Gesamterscheinung eine so außergewöhnliche Größe erreichen, daß sie normalen gegenüber geradezu riesenhaft erscheinen. So fand Desmoulins Exemplare vom Pfeilkraut mit 3 Meter langen Blattstielen und bis 30 Cm. breiten und 40 Cm. langen, eigentümlich stumpfen Blättern. An Holzgewächsen bilden sich oft nur einzelne Sprosse so riesenhaft aus. Wir nennen dieselben gewöhnlich Wasserreiser, Wasserschosse, Wasserloden oder auch Räuber. In der Regel zeigen sich diese dann, wenn die Krone kränkelt und deshalb die vorhandenen Nährstoffe in derselben keine ausgiebige Verwendung finden.

Erfolgen dergleichen Vergrößerungen an bestimmten Stellen eines einzelnen Organs nicht im gleichen Verhältnisse zum ganzen, so entstehen Verunstaltungen oder Deformationen. Zu den Deformationen des Stengels

gehört in erster Linie die Verbänderung (Fasciation). Bei dieser nimmt der Stengel eine bandförmig abgeplattete Gestalt an. Wir finden sie an Kräutern und Holzpflanzen. Ich selbst fand sie an der Erle (Alnus) (Figur 153), der Rose, der johanniskrautblättrigen Spiere (Spiraea hypericifolia), der weißen Wucherblume (Chrysanthemum leucanthemum), der Ackerkamille (Anthemis arvensis) und dem Löwenzahn (Taraxacum officinale). Die Blätter sind meist normal gestaltet, zuweilen nur etwas kleiner als gewöhnlich und stehen sowohl an dem Rande als an den Flächen. Nach oben verbreitert sich die Verbänderung gewöhnlich. Erfolgt das Längenwachstum an dem einen Rande stärker, als am andern, so krümmt sie sich gleich einem Bischofsstabe. Tritt die Verbänderung an einem Blütenstande auf, so endigt sie entweder mit einem nach Art des Hahnenkammes (Celosia cristata) *) verbreiterten Köpfchen, oder sie ist auf ihrem Scheitel mit lauter einzelnen Knospen besetzt, die sich unter Umständen auch einzeln weiter entwickeln, so daß sie dadurch zwei- und mehrspaltig wird. Die Bildung der Verbänderung kann auf zweierlei Weise erfolgen: entweder dadurch, daß das Dickenwachstum des Stammscheitels vorwiegend in einer Richtung erfolgt, derselbe sich also verbreitert, wobei jedoch mehrere Vegetationspunkte auf dem Scheitel auftreten können; oder durch Verwachsung mehrerer Achsen in einem frühen Entwicklungszustande. Ob das Eine oder das Andere der Fall ist, darüber giebt ein Querschnitt durch die Verbänderung Auskunft. In dem ersten Falle wird man ein einfaches Mark finden, während im zweiten so viele besondere Gefäßbündelringe vorhanden sein müssen, als Achsen verschmolzen sind. Eine andere Deformität, die Apostasis, tritt ein, wenn Stengelglieder, die in der Regel unentwickelt bleiben, sich abnorm strecken, wenn also die Blätter eines Wirtels, die Blattkreise einer Blüte, die Blüten eines Köpfchens, die einer Dolde u. s. w. auseinanderrücken, so daß in den beiden letzten Fällen die Köpfchen zu Dolden, die Dolden zu Trauben werden. Das Auseinanderrücken der Blattkreise einer Blüte läßt besonders häufig der kriechende Hahnenfuß (Ranunculus repens) beobachten. Außer den eben erwähnten treten zuweilen noch Krümmungen und Einrollungen, Drehungen und Anschwellungen als Verunstaltungen am Stengel auf. Die Ursachen davon sind nicht immer so leicht festzustellen, aber jedenfalls sehr mannigfacher Art.

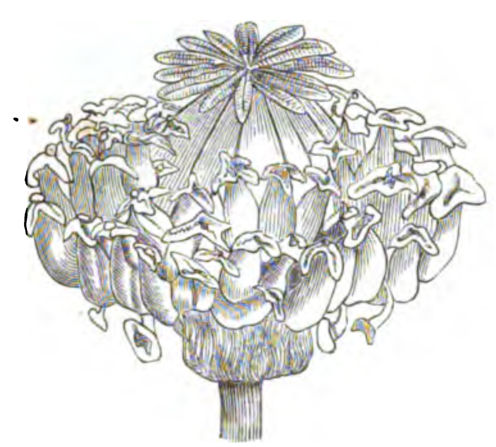


Figur 153. Verbänderter Stengel der Erle; qu Querschnitt (n. Frank).

Auch die Blätter zeigen nicht selten verschiedene Bildungsabweichungen. Bald verändern sie die Form ihres Umrisses, bald spalten sie sich auf mancherlei Weise, bald kräuseln sie sich, bald rollen sie sich dütenartig zu-

*) Eine Pflanze, bei welcher die Verbänderung durch Kultur erblich geworden ist.

sammen, bald zeigen sie auf Fläche und Stiel blattähnliche Wucherungen. Selbst an den Blüten kommen dergleichen Abänderungen vor, und es gehen dieselben dann sehr oft aus der regelmäßigen (aktinomorphen) in die seitlich symmetrische (zygomorphe) Form und umgekehrt über z. B. bei der Pelorienbildung (s. S. 118).

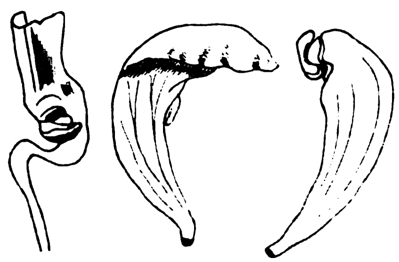


Figur 154. Pistillodie beim Mohn (n. Frank).

An den Blüten wandeln sich infolge überreicher Ernährung zuweilen aber auch die verschiedenen Blattkreise in solche einer höheren oder einer niederen Stufe um. Die Umwandlung einzelner Blütenteile in solche einer höheren Metamorphosenstufe (die sogenannte vorschreitende Metamorphose) findet sich minder häufig. Von ihr spricht man, wenn z. B. die Kelchblätter in Kronenblätter, die Kronenblätter in Staubblätter, die Staubblätter in Fruchtblätter übergehen. Beifolgende Figur 154 zeigt vom Mohn, daß fast sämtliche das Pistill umgebende Staubgefäße in kleine Pistille umgewandelt sind. Die rückschreitende Metamorphose kommt weit öfter vor. Sie besteht darin, daß die zum Blütenstande gehörigen Hochblätter oder die Blütenblätter selbst den Laubblättern ähnlich werden. Es kann sich diese Verlaubung (Phyllodie) (Figur 155) auf die Hochblätter beschränken, aber außer diesen auch Kelch- und Kronenblätter in Mitleidenschaft ziehen oder endlich die ganze Blüte ergreifen. Im letzten Falle nennen wir sie Vergrünung (Antholyse oder Chloranthie). Ein schwächerer Grad von Verlaubung ist die Sepalodie, d. i. die Erscheinung, bei welcher die Kronenblätter das Aussehen von Kelchblättern annehmen. Wandeln sich die Staubblätter in Kronenblätter um, so tritt Petalodie ein (Figur 156). Es geschieht dies bei der Füllung der Blüten. Gewöhnlich geht damit eine Vermehrung der in Blumenblätter sich umwandelnden Organe Hand in Hand. Blüten, welche vollständig gefüllt sind, sind in der Regel unfruchtbar. An halbgefüllten Blüten, zuweilen aber auch ohne gleichzeitige Füllung, kommt mitunter Staminodie, Umwandlung der Fruchtblätter in Staubblätter vor. Und zwar kann diese Umwandlung vollständig zur Ausbildung kommen,

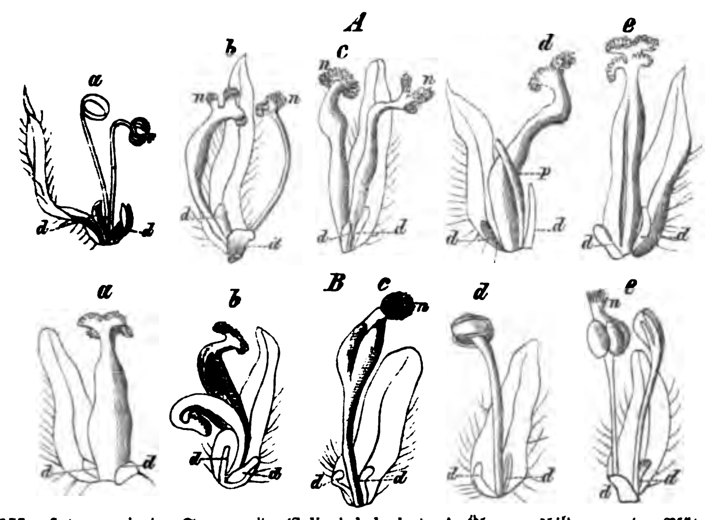


Figur 155. Phyllodie eines Kelchblattes der Fuchsie (n. Fr.).



Figur 156. Petalodie der Staubgefäße aus einer gefüllten Rose (Rosa centifolia.) (n. Fr.).

dann wird man an Stelle des Pistills Staubgefäße finden. Oder sie kann auf halbem Wege stehen bleiben, dann ist eine Mittelbildung zwischen beiden vorhanden. Hier könnte man vielleicht noch die Erscheinung erwähnen, wo in eingeschlechtigen (diklinen) Blüten die betreffenden geschlechtlichen Organe sich in die des anderen Geschlechtes umbilden (Heterogamie). So wurden schon in den männlichen Blütenkätzchen verschiedener Weiden alle möglichen Übergänge der Staubgefäße in Pistille und umgekehrt in den weiblichen alle möglichen Übergänge der Pistille in Staubgefäße (Figur 157), in den weiblichen Zapfen des Hornbaums (Carpinus Betulus) Staubgefäße statt der weiblichen Blüte, in den männlichen Blütenständen des Mais weib-



Figur 157. Heterogamie der Trauerweide (Salix babylonica): A. Übergangsbildungen der Blüten in einem Kätzchen, das unten aus männlichen, nach oben aus weiblichen Blüten bestand. Überall ist das Deckblatt mit der dahinterstehenden Blüte gezeichnet. a—e fortschreitende Folge der Blüten von unten nach oben. Schon a zeigt am Scheitel der rechten Anthere Andeutungen einer Narbe; n Narbe, dd vordere und hintere Honigdrüse. In b und c die beiden Staubgefäße mit stärkerer Pistillodie und deutlichster Narbenbildung. In d nur der eine von beiden Körpern als Pistill ausgebildet, der andere p rudimentär, in e vollkommen zweiblättriges Pistill, daher auch mit doppelter und gespaltener Narbe. B. Eben solche Übergangsbildungen in einem unten weiblichen, oben männlichen Kätzchen. (n. Fr.)

liche Blüten gefunden. Weibliche Blütenstände bez. weibliche Zapfen, in denen ausnahmsweise auch männliche Blüten vorkommen, bezeichnet man gewöhnlich als androgyn.

Infolge überreicher Ernährung treten hin und wieder auch einzelne Blattorgane oder Teile von solchen in größerer Zahl auf, als das in der Regel der Fall ist. Wir beobachten z. B. an Pflanzen mit gegenständigen Blättern zuweilen dreigliederige Wirtel; oder es verdoppelt sich die Blumenkrone; oder es vermehren sich am zusammengesetzten Blatte die Teilblättchen. Alle dergleichen Abweichungen kommen oft den Gärtnern sehr erwünscht und werden gern zur Erzeugung neuer Varietäten benutzt.

Weiter erscheint infolge großen Nahrungsreichtums sehr häufig auch eine vermehrte Knospen- bez. Sproßbildung. Hierher gehören die Durchwachsung (Diaphysis) und die Achselsprossung (Ecblastesis).

Neben dem nötigen Wasser muß die Pflanze, falls sie sich gesund entwickeln soll, im Boden auch die nötigen Nährstoffe und zwar in bestimmten Verbindungen vorfinden. Welche Stoffe dies sind, wurde bereits dargelegt. Läßt man eine Pflanze nach der Keimung im Wasser oder Boden ohne die erforderlichen Nährsalze wachsen, so stockt die Entwicklung bald ganz oder setzt sich nur in der kümmerlichsten Weise fort. Der Mangel an Kali macht sich in dem Unterbleiben der Bildung von Kohlehydraten, der Mangel an Eisen durch Fehlen des Blattgrüns bemerklich — hat Gelbsucht (Icterus) und Bleichsucht (Chlorosis) im Gefolge. In beiden Fällen ist ein andauerndes Leben der Pflanzen nicht möglich; sie müssen, wenn dergleichen Mängel nicht behoben werden, absterben. Sind die Nährstoffe in ungenügender Menge vorhanden, so ist die Entwicklung ebenfalls eine mangelhafte. Keinenfalls kann aber der Mehrbetrag an einem Nährstoffe den Fehlbetrag eines andern aufwiegen.

Daß Gifte, die in den Boden gebracht oder in der Luft verteilt werden, die Pflanzen schädigen müssen, liegt auf der Hand. So erfahren in manchen Gegenden (besonders bei Freiberg in Sachsen in der Nähe der Muldener Hütten) die Pflanzenkulturen bedeutende Schädigungen durch den Hütten- und Steinkohlenrauch wegen der darin enthaltenen schwefligen Säure.*) Dieselbe wird von den Blattorganen aufgenommen und darin fixiert, was zur Folge hat, daß die Blätter zunächst welken, dann sich mehr oder weniger bräunen und endlich absterben. Die Ursache des Absterbens liegt wahrscheinlich zum großen Teile in der Benachteiligung der Verdunstung und der dadurch bedingten Stockung in der Wassercirkulation. Nach Stöckhardts Untersuchungen wurde Fichten der Aufenthalt in einer Luft, die nur ein Milliontel ihres Volumens schweflige Säure enthielt, bereits nach 60 Tagen tötlich. Rotbuche und Spitzahorn vertrugen mehr, starben aber in annähernd derselben Zeit bei einem Gehalt von $1/10000$. Kartoffeln, Klee, Hafer und verschiedene Gräser zeigten bereits Erkrankungserscheinungen, wenn sie zweimal der zweistündigen Einwirkung einer Luft mit $1/40000$ Volumteil schwefliger Säure, ebenso wenn sie 15—20 mal einer Luft mit $1/60000$ dieses Gases ausgesetzt worden waren. Licht und Feuchtigkeit verstärkten die schädliche Wirkung.

Außerordentlich verderblich ist für die Pflanzen nach vielen Erfahrungen auch Gas, das aus den Leitungsröhren in den Boden übergeht. Selbst geringe Mengen, die nicht einmal durch den Geruch wahrnehmbar sind, wirken bereits schädlich und führen nach und nach den Tod der in dem Boden befindlichen Pflanzen herbei. Jedenfalls ist Gas allein die Ursache, daß die Baumalleen in großen Städten (Linden in Berlin, Götterbäume in Wien) nach und nach absterben. Selbst den Aufenthalt in einem Zimmer, das mit Gas erleuchtet wird, vermögen verschiedene Pflanzen wie Kamellien und Azaleen, Epheu u. s. w. nicht zu vertragen.

Daß endlich auch andre schädliche Bestandteile, die zufällig im Boden

---

*) Nach Stöckhardts und Schröders Untersuchungen übt diese allein die schädlichen Wirkungen aus, nicht aber der Ruß als solcher, ebensowenig wie die Dämpfe von Arsen, Zink und Blei, die ja auch im Rauche auftreten können und in dem Rauche der Muldener Hütten wirklich vorkommen.

oder in dem zugeführten Wasser enthalten sind, zur Vergiftung von Pflanzen Anlaß geben können, hat die Erfahrung schon oft an die Hand gegeben. Einzelne von diesen Stoffen sind in verdünnten Lösungen unschädlich (Zucker, Kochsalz), werden aber in konzentriertem Zustande tötlich, weil sie in hohem Grade wasserentziehend wirken. Andere, wie freie Alkalien, freie Säuren, Narcotica, zerstören das Protoplasma, töten also unmittelbar.

Zum Schluß möge noch einiger Krankheiten Erwähnung gethan werden, deren Ursachen bisher noch nicht ermittelt wurden, die wahrscheinlich aber auch auf Bodeneinflüssen beruhen. Hierher gehören Bleich- und Gelbsucht der Pflanzen. Als Ursachen dieser Krankheit wurden allerdings bereits der Mangel an Eisen, sowie der Mangel an dem zur Chlorophyllbildung nötigen Lichte und der nötigen Wärme angezogen; aber gar nicht selten kommen trotz der Gegenwart von Eisen, trotz der denkbar günstigsten Beleuchtungs- und Temperaturverhältnisse, trotz normaler Beschaffenheit der Luft in Pflanzenkulturen gelb- und bleichsüchtige Pflanzen vor. Bald treten diese Krankheitserscheinungen an der ganzen Pflanze auf, bald nur an einzelnen Sprossen; bald wieder finden sie sich nur stellenweise (in Streifen, Flecken oder Punkten) an einzelnen Organen. Vollkommene Bleichsucht muß früher oder später den Tod der Pflanze herbeiführen, weil dieselbe nicht mehr zu assimilieren vermag. Pflanzen, die nur einzelne bleiche Sprosse oder Sprosse mit weiß- oder gelbgefleckten oder gebänderten Blättern erzeugen, sind natürlich lebens- und entwicklungsfähig, wenngleich sie einen gewissen Schwächezustand nicht verleugnen können. Den letzteren Zustand, die Bänderung, Streifung oder Sprenkelung grüner Blätter — die sogenannte Panachierung — züchtet der Gärtner, der mit der verschiedenfarbigen Belaubung in der Landschaftsgärtnerei die mannigfaltigsten Effekte erzielt, dadurch fort, daß er sie durch Pfropfen auf gesunde Individuen überträgt.

Endlich ist noch der Honigtau zu nennen, ein klebriger, süßschmeckender, farbloser Überzug, der in einzelnen Tröpfchen oder in dünner zusammenhängender Schicht zuweilen auf der Oberseite der Blätter erscheint. Am häufigsten zeigt er sich an Holzgewächsen und zwar an Zimmer- und Gewächshaus- wie an Freilandpflanzen. Er ist nicht zu verwechseln mit einem ganz ähnlichen Überzuge, der durch Blattläuse bewirkt wird. In welcher Weise die Ausscheidung des klebrigen Stoffs, der hauptsächlich aus Zuckerarten, Gummi und Mannit zusammengesetzt ist, vor sich geht, wurde noch nicht nachgewiesen. Ich selbst beobachtete diese Erscheinung eine Zeit lang an einem im Zimmer wachsenden Epheustocke, der mehrere Jahre lang nicht umgesetzt worden war und einen gewissen Nahrungsmangel durch Bildung von Trieben mit kleineren Blättern bekundete. Nachdem der Stock in frische Erde gebracht und die Blätter sorgfältig gereinigt worden waren, trat bald ein üppigeres Wachstum ein, und die Bildung von Honigtau unterblieb.

Was schließlich die Witterungseinflüsse anlangt, so kann Regen schädlich werden, indem er dünnstengelige Pflanzen niederwirft und zum Lagern bringt, oder indem er die Bestäubung verhindert (den Blütenstaub verdirbt, Insekten abhält ꝛc.), oder auch indem er saftige Pflanzenteile, besonders Früchte, als Kirschen, Weinbeeren u. s. w. zum Aufspringen bringt. Viel schneller und eingreifender schädigt der Hagel, der in der Regel gefährlich verwundet, wo nicht gar völlig vernichtet. Der Schnee wirkt nur durch seine Masse nach-

teilig, wie beim Schneebruch in den Forsten oder beim Falle der Lawinen in den Hochgebirgen.

Außerordentlich verheerend können sich ferner orkanähnliche Stürme zeigen. Durch dieselben werden in den Gebirgswäldern die Nadelbäume sehr oft auf ganzen Strecken geradezu umgelegt oder doch ihrer Kronen beraubt. Viele der geehrten Leser werden sich noch des orkanähnlichen Sturmes vom Dezember 1869 und des gewaltigen Windbruchs, den er in unseren mitteldeutschen Wäldern veranlaßte, erinnern. Werden die Bäume durch den Sturm bloß umgelegt, so vegetieren sie zuweilen unter eigentümlichen Formen fort, falls nämlich eine größere Zahl ihrer Wurzeln im Boden befestigt blieb. Meist sterben sie aber ab. Letzteres ist auch der Fall, wenn Nadelhölzer durch Windbruch nicht bloß der Krone, sondern auch der stärkeren Äste beraubt werden. Während dieselben den abgebrochenen Gipfel durch einen aufwärtswachsenden Seitentrieb zu ersetzen suchen, vermögen sie doch unter den Wundstellen keine Adventivknospen und deshalb auch keine neuen Äste zu bilden. Laubhölzer sind gegen Stürme widerstandsfähiger, werden auch durch dergleichen Verwundungen nicht getötet, weil sie am Stocke stets wieder ausschlagen. Die Stürme haben besonders da einen großen Einfluß auf die Baumform, wo sie beständig mit einer gewissen Heftigkeit herrschen und wo daher der Windbruch zu einer ständigen, immer wiederkehrenden Erscheinung wird, wie an der Baumgrenze in den Gebirgen und im hohen Norden oder wie an den Meeresküsten. „Die eigentümlichen Baumformen,“ sagt Franck in seinen Krankheiten der Pflanzen, „durch welche jene Gegenden charakterisiert sind, erklären sich in der That als Wirkungen des Sturmes. An der Grenze der Fichte auf den Gebirgen giebt es keinen eigentlichen Baumwuchs mehr. Die Fichten, selbst die alten mit schenkeldicken Stämmen, können sich nicht über einen oder wenige Meter erheben: ihr Gipfel wird immer verbrochen, und so oft sie auch einen neuen zu machen suchten, ereilt diesen dasselbe Schicksal; fast jede Fichte ist hier gipfeldürr, endigt in einen oder mehrere Spieße. Die Beästung ist an diesen Fichten vorwiegend einseitig und zwar sind die Äste aller Individuen nach einer und derselben Himmelsgegend gekehrt. In unseren norddeutschen Gebirgen, wie auf dem Brocken, auf den Kuppen des Erzgebirges und auf dem Kamme des Riesengebirges ist das die östliche Richtung, weil hier die herrschenden Stürme aus Westen kommen und der Sturm notwendig zur Folge hat, daß die ihm entgegenstrebenden Äste gebrochen werden müssen, während er auf die an der entgegengesetzten Seite stehenden nur als Zug wirken und ihnen daher weniger schaden kann. Eine weitere Eigentümlichkeit ist, daß diese Krüppel vom Boden an beästet sind und daß gerade diese untersten Äste, welche in dem Heide- und Vacciniengestrüpp, das den Boden bedeckt, oder zwischen den umherliegenden Steinblöcken, den besten Schutz gegen Sturm finden, auch die längsten und wohlgebildetsten sind und oft, sogar an den verstümmeltsten Formen, rings um den Stamm herum gehen. Der Schutz, den auch die Schneebedeckung gegen den Windbruch gewährt, tritt hierbei ebenso deutlich wie im hohen Norden hervor: soweit sich die Fichte unter den Schnee zurückziehen kann, bleibt sie unversehrt; die hervorragenden Wipfel gehen verloren. An den exponiertesten Stellen im Gebirge verlieren die Fichten das ganze Stämmchen bis auf einen niedrigen Stock, der nie einen Gipfeltrieb aufbringt und an welchem nur ein

oder ein paar nahe übereinanderstehende Astquirle dicht auf dem niederen Gebüsch sich ausbreiten, so daß man bequem über diese Fichten hinwegschreiten kann. Im Riesengebirge fand ich über den Schneegruben die letzten Versuche der Fichte in einer Gebirgshöhe, die schon weit über der Baumgrenze lag (bei ungefähr 1400 M.); sie bringt es hier nur zu kriechenden Trieben, die sich auf dem Moose über Steinblöcke hinbreiten; über den Boden sich zu erheben, könnte sie dort oben nicht wagen, wo man Stürme erlebt, von denen der Bewohner des Tieflandes keinen Begriff hat. Daß die Unmöglichkeit der Verbaumung nicht durch klimatische Gründe, sondern nur durch den Sturm bedingt wird, ersieht man aus dem Vorkommen solcher Krüppelformen auch in tieferen Lagen, wenn sie an einem dem Sturm sehr exponierten Stande sich befinden. Der Keilberg im Erzgebirge trägt auf seinem westlichen Abhange, also an der Wetterseite, lauter Krüppelfichten, die hier schon bei 1180 M. sehr ausgeprägt sind und in zunehmender Verkrüppelung bis zur Kuppe, 1220 M. hinaufgehen; aber wenn man auf der Ostseite des Berges niedersteigt, treten schon wenige Schritte unter der Kuppe, also im Schutze vor den Weststürmen, die Fichten hochstämmig auf, und bei 1180 M. befindet man sich hier schon im herrlichsten geschlossenen Hochwalde."

Der Blitzschlag endlich schadet ebenso wie der Wind weniger den niedrigen und krautigen Pflanzen, als vielmehr den Bäumen. Während jene, wenn sie etwas umfangreicher sind, wie z. B. Weinstöcke, nach der elektrischen Entladung auf den Blättern höchstens ziegelrote Flecken zeigen, treten hier grobe Verwundungen auf, die je nach den einzelnen Fällen in ihrer Form höchst verschiedenartig sind. Die von den zunächst getroffenen Ästen zur Erde herablaufende Blitzspur erscheint als ein bald breiterer, bald schmälerer, bald senkrechter, bald spiraliger Streifen, an welchem die Rinde abgelöst und der Splint entblößt, ja nicht selten auch mit zerschlagen ist. Eine Entzündung kann am lebenden Holze nicht, wohl aber dann eintreten, wenn totes, trockenes Holz vorhanden ist, wie bei kernfaulen Bäumen. Sind nach dem Blitzschlage Krone und Stamm noch erhalten, so kommt der Baum in der Regel mit dem Leben davon. Stärker zerschmetterte oder auf eine größere Ausdehnung hin von der Rinde entkleidete Stämme müssen selbstverständlich zu grunde gehen.

3. Verletzungen.

An den Pflanzen sehen wir sehr oft Wunden verschiedenster Art auftreten. Dieselben werden entweder durch von außen erfolgende mechanische Eingriffe, also durch Schnitt, Bruch, Stich, Zerreißung, Schälen, Nagen, Quetschung, Reibung rc. hervorgebracht; oder sie entstehen durch innere Kräfte, wie z. B. durch übermäßige Gewebespannung bei fleischigen oder saftigen Pflanzenteilen. Letzteres läßt sich nicht selten an Kohlrabiknollen, Möhrenwurzeln, Früchten von Kirschen, Pflaumen u. dergl. beobachten. Zuweilen sind Wunden ohne jeglichen nachteiligen Einfluß auf das Befinden des Gesamtorganismus; sie können aber dasselbe auch ganz außerordentlich beeinträchtigen; ja sie können sogar tötlich werden, wenn dadurch der Pflanze unentbehrliche Organe geraubt werden, die gar nicht oder nicht schnell genug wieder zu ersetzen sind.

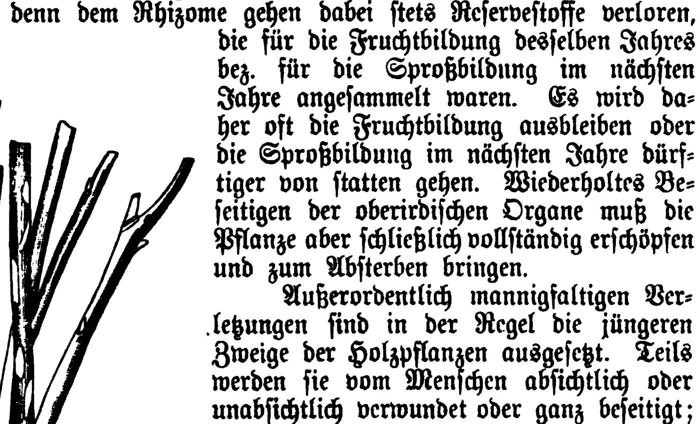
Eine vollständige Abtrennung pflanzlicher Organe vom Gesamtkörper ist nur selten so unmittelbar tötlich, wie es am tierischen Körper der Fall ist. Abgeschnittene Zweige, Blätter und Blüten können Tage lang am Leben erhalten bleiben, sich sogar weiter entwickeln. In den meisten Fällen wird bei ihnen schließlich Nahrungsmangel zur Todesursache. Daß abgeschnittene Sprosse beim Vorhandensein genügender Feuchtigkeit auch Wurzeln bilden und sich zu neuen Pflanzenindividuen entwickeln, darauf beruht die beim Gärtner übliche Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge, die nicht bloß aus Stengel-, sondern auch aus Wurzelteilen, ja sogar aus Blättern bez. Blattstücken erfolgen kann. Entgegen der Erfahrung, daß sich abgeschnittene Pflanzenteile in Wasser oder feuchter Erde mehr oder weniger lange lebend erhalten lassen, kommen dem Beobachter zuweilen aber auch Pflanzen vor, deren Sprosse nach dem Abschneiden sofort welken, selbst wenn sie unmittelbar darnach ins Wasser gebracht werden. Hier ists der Zutritt der Luft, der so schädlich einwirkt; denn das Welken unterbleibt, wenn der Schnitt unter Wasser vorgenommen wird. Abgeschnittene Pflanzenteile lassen sich mittelst Veredelung auch auf andere pflanzliche Individuen übertragen und wachsen auf diesen dann weiter. Freilich geschieht dies nur innerhalb bestimmter Grenzen. Die betreffenden Pflanzen, das Edelreis und die Unterlage, müssen vor allem einer natürlichen Familie angehörig sein. Von welchen Bedingungen dergleichen erfolgreiche Verbindungen aber überhaupt abhängig sind, ist bis jetzt noch keineswegs ergründet worden. Die Natur erscheint hierbei mitunter geradezu eigensinnig, indem sie ein auf ganz nahverwandte Pflanzenspecies, ja selbst auf bloße Varietäten übertragenes Edelreis nicht zur Entwicklung kommen läßt und doch die Verbindung zwischen entfernterstehenden gestattet. Süß- auf Sauerkirschen, Kirschen auf Pflaumen und umgekehrt zu pfropfen, ist noch nicht gelungen, das Veredeln von Birnen auf Äpfel und umgekehrt nur in wenig Fällen. Zuweilen scheint die Veredelung zwischen verschiedenen Species einer Familie anfangs recht gut zu gelingen, aber später tritt eine kümmerliche Weiterentwicklung oder selbst ein Entwicklungsstillstand und der Tod ein.

Verletzungen an Samen schädigen stets die Keimkraft. Dieselbe wird nur verringert, d. h. die Keimpflänzchen entwickeln sich weit dürftiger, wenn die Verletzung bloß einen Verlust an Reservestoffen nach sich zieht; sie erlischt aber vollständig, sobald dadurch einzelne Teile des Keimlings selbst zu grunde gehen.

Werden die Wurzeln in einer größeren Ausdehnung verletzt oder beseitigt, so tritt sehr bald Welken ein, dem schließlich das gänzliche Absterben folgt. Eine solche Verletzung geschieht gar nicht selten durch die Scheermaus, wenn sie an Rosenstöcken, jungen Obstbäumen u. dergl. die ganze Wurzel am Wurzelhalse abbeißt, so daß man die betreffenden Stämmchen von der Erde abzuheben vermag. Ein teilweiser Wurzelverlust kommt bei jedem Umsetzen vor, wenn nicht das ganze Erdstück, in dem die Pflanze wurzelt, mit ausgehoben wird. Zarte, krautartige Pflanzen zeigen nach jedem Umsetzen ein mehr oder minder starkes Welken, selbst bei reichlichem Gießen, weil durch das Herausnehmen der Pflanze aus dem Boden die eigentlich aufsaugenden Teile der Wurzeln, die Wurzelspitzen mit den Wurzelhaaren, abgerissen worden sind. Erst wenn die Wurzeln neue, mit

Haaren versehene Spitzen gebildet haben, tritt die vorige Saftfülle wieder ein, und der welke Zustand verschwindet.

Der Verlust des oberirdischen Stengels wird, sobald er bis an die Wurzel herab erfolgt, einjährigen Pflanzen immer tötlich; die in der Erde befindliche Wurzel stirbt dann ebenfalls ab. Bleibt jedoch der untere Stengelteil erhalten,so entwickeln sich in den Achseln der untersten Blätter sitzende und für gewöhnlich unentwickelt bleibende Knospen und bringen eine größere Anzahl von Sprossen hervor; es kommt eine Vielheit von Sprossen, eine **Polykladie** zustande. Perennierende Kräuter können den einmaligen Verlust des oberirdischen Stengels leicht verschmerzen, da sie unterirdische, mit Reservestoffen versehene Stengelteile (Rhizome) besitzen, welche neue oberirdische Stengel zu entwickeln vermögen. Mehr oder weniger werden sie freilich immer leiden, denn dem Rhizome gehen dabei stets Reservestoffe verloren, die für die Fruchtbildung desselben Jahres bez. für die Sproßbildung im nächsten Jahre angesammelt waren. Es wird daher oft die Fruchtbildung ausbleiben oder die Sproßbildung im nächsten Jahre dürftiger von statten gehen. Wiederholtes Beseitigen der oberirdischen Organe muß die Pflanze aber schließlich vollständig erschöpfen und zum Absterben bringen.





Figur 159. Bildung von Ersatztrieben (Polykladie) an der Rüster (n. Frank).

Außerordentlich mannigfaltigen Verletzungen sind in der Regel die jüngeren Zweige der Holzpflanzen ausgesetzt. Teils werden sie vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich verwundet oder ganz beseitigt; teils werden sie von Tieren abgebissen (von Hasen, Rehen, Ziegen) oder angestochen, angebohrt (von Insekten) und dadurch in ihrer Lebenskraft gestört. Jungen Pflänzchen können diese Eingriffe lebensgefährlich werden, ältere überwinden sie in den meisten Fällen. Alsdann treten aber mancherlei Verzweigungsfehler auf, indem sich Triebe aus schlafenden Knospen entwickeln, welche die verlorengegangenen ersetzen. Oder es können in Folge der Verletzungen mehrere bis zahlreiche Knospen zur Polykladienbildung angeregt werden (Figur 159), die gewöhnlich sehr verunstaltend wirkt. Den höchsten Grad derselben bezeichnet man als Zweigwucherungen oder Besen. Öfter wiederholte Verwundungen führen ganz abnorme Strauchformen herbei. Fichten z. B. gewinnen nach wiederholtem Verbeißen durch das Wild ein Aussehen wie dichte Perücken oder Pyramiden. „Eiche, Hainbuche (Hornbaum) und Rotbuche bilden, wie auf einem Perückenstocke stehend, ein dichtes Nest von Trieben oder werden zu dichtbuschigen Krüppeln mit knickigen und sperrigen Ästen. Junge Rüstern werden nach mehrjährigem Biß durch ihre ungemein zahl-

reichen, büschelig stehenden Ersatztriebe zu wirklichen Besen" (Frank). In ganz ähnlicher Weise beeinflußt der Mensch durch den Schnitt das Wachstum und die Zweigbildung verschiedener Holzgewächse, um seine dichten Hecken zu erziehen. Auch seine Formbäume gewinnt er dadurch, daß er absichtlich Triebe beseitigt, die nicht zur gewünschten Form passen, um dadurch das Wachstum von Knospen oder Augen behufs Erzielung solcher Triebe anzuregen, welche dieselbe hervorrufen bez. vervollständigen. Ganz besondere Formveränderungen erfahren die verschiedenen Nadelhölzer unserer Forsten durch Insektenfraß. Eine Erscheinung der Polykladie sind auch die auf einen einzelnen Punkt der Baumkrone beschränkten und aus einem dichten Gewirr von Zweigen bestehenden Hexenbesen, die in einzelnen Fällen durch Verwundungen, in anderen aber auch durch einen Pilz hervorgerufen werden (den Hexenbesen der Weißtanne verursacht z. B. das Aecidium elatinum).

Verlieren ältere Laubbäume ihren Gipfeltrieb, so bilden sich an Stelle desselben durch Adventivknospen eine größere Zahl neuer Triebe. Hierauf beruht die Zucht der Kopfhölzer, wie der Weiden, Pappeln, Buchen, die von Zeit zu Zeit ihrer Spitze beraubt werden und sich auf der Schnittfläche mit neuen Zweigen versehen. Bei Nadelhölzern richtet sich nach Verlust des Gipfeltriebes ein seitlicher Zweig in die Höhe und sucht den ersteren zu ersetzen. Da diese Hölzer aber keine Adventivknospen zu bilden vermögen, können sie auch den Verlust seitlicher Äste nicht ersetzen. Bei Verlust des ganzen Stammes erscheinen dem Vorangehenden entsprechend bei Laubhölzern auf dem Stumpfe eine größere Anzahl kräftiger Stock- oder Wurzeltriebe, während der Nadelholzstumpf sich nicht verjüngt, sondern abstirbt, oder, falls ein Teil seiner Wurzeln mit denen benachbarter Stämme verwachsen war, höchstens überwallt.

Der Verlust der Blätter während der Vegetationszeit führt, wenn er nur einigermaßen umfänglich ist, bei einjährigen und ausdauernden Gewächsen den Tod der oberirdischen Sprosse, denen sie ansaßen, herbei. Da die Blätter die Ernährungsorgane der Pflanze sind, vermag sie selbst oder vermögen ihre einzelnen Glieder nur mit Hülfe derselben zu bestehen; es müßten sich denn, wie es in der Regel bei Holzgewächsen der Fall ist, in den Zweigen Nährstoffe angesammelt haben. Diese sterben deshalb infolge einer einmaligen Entlaubung nicht ab. Nachteilig wird dieselbe aber immer werden, denn eine Fruchtbildung tritt entweder gar nicht oder nur mangelhaft ein; die Holzbildung hört auf oder beginnt nach zweitmaliger Belaubung von neuem, und es entsteht in den jüngeren Zweigen ein doppelter, aber dürftiger Jahrring.

Wird ein Stamm in der Weise verletzt, daß die Rinde im ganzen Umfange bis auf den Splint verloren geht, so können die stickstoffhaltigen Assimilationsstoffe, die im Weichbast, also im inneren Teile der Rinde wandern, nicht mehr zu den unter der Wundstelle gelegenen Teilen gelangen und dieselben infolgedessen nicht mehr ernährt werden. Bäume, die ringsum entrindet werden, sterben deshalb gewöhnlich bald ab. Diesem Schicksal vermögen sie nur zu entgehen, wenn die Rinde sich aus dem stehengebliebenen Kambium zu erneuern vermag, oder wenn einige unter der Wunde befindliche Knospen zum Austreiben kommen, oder auch, wenn die Überwallung des Wundrandes, die von oben her eintritt, zeitig genug den unteren Wund-

rand erreicht und dadurch die Verbindung des oberen mit dem unteren Teile wieder herstellt. Entrindungen, die nicht rings um den Stamm reichen, unterbrechen den Saftstrom in den leitenden Geweben nicht und haben, wie Schäl- und Quetschwunden, Rindeneinschnitte (Zeichen, Inschriften) u. dergl. nur eine lokale Bedeutung, sofern sie keine zu große Ausdehnung erreichen. Etwas Anderes ists freilich, wenn sie sich auf große Flächen hin erstrecken, wie die Rindenwunden, die Hirsche dadurch hervorbringen, daß sie mittelst der Schneidezähne zum Zwecke des Äsens im Winter oder Frühjahre große Rindenlappen unten lösen und dann in die Höhe ziehen; oder wenn sie an jungen Stämmen fegen und die Rinde auf weite Strecken hin abreiben; oder wenn Hasen, Kaninchen, Mäuse bei Schnee unsere Wald-, Obst- und Gartenbäume, soweit es ihnen möglich, benagen. Weitere Rinden-Verletzungen erfahren Holzstämme sehr oft auch durch rinden- oder holzbohrende Insekten, wie z. B. durch die Borkenkäfer, die in verschiedenartig unter der Rinde angelegten Gängen ihre Larven absetzen, dadurch die Rinde auf weite Strecken hin zum Absterben bringen und so die Wurmtrocknis herbeiführen, oder wie durch die Kiefermotte, welche den Krebs der Kiefern hervorruft. Die Verletzungen der ersteren werden fast immer tötlich, die der letzteren bringen wenigstens den über der Wundstelle gelegenen Teil zum Absterben. Am Blatte werden Wunden nur dann fürs Blatt selbst nachteilig, wenn durch dieselben der Zusammenhang mit der Pflanze mehr oder weniger aufgehoben wird. Ist letzteres nicht der Fall, so kann es durch Durchlöcherung, Zerreißen oder Abreißen einzelner Stücke mehr als die Hälfte der Masse verlieren, ohne abzusterben, vorausgesetzt, daß das Blatt bei der Verwundung bereits ausgewachsen war. Jugendliche, noch im Wachstum begriffene Blätter verkrüppeln regelmäßig, sobald sie verletzt werden. Verwundungen an Blüten haben meist Ausbleiben der Frucht- und Samenbildung, Verwundungen an Früchten ungleichmäßige und unvollkommene Ausbildung oder selbst Mißbildung derselben zur Folge.

Bei verschiedenen Holzpflanzen treten infolge von Verwundungen abnorme Absonderungen von Säften ein: an Koniferen die Absonderung von Terpentin bez. Harz, an den Steinfrüchtlern die von Gummi, an den Astragalus-Arten die von Tragant, an den Eschen und Tamarisken die von Manna. Während die Harzbildung der Koniferen auch im normalen Zustande vor sich geht und durch Verwundungen nur eine Steigerung erfährt, die allerdings zu einer krankhaften Gewebebildung und durch diese zur Entstehung von Harzgallen führen kann, so sind die Gummi-, Tragant- und Mannabildung von vornherein krankhafte Zustände, bei welchen die Zellhäute gewisser Gewebspartieen mit dem von ihnen umschlossenen Stärkemehle förmlich zerfließen und in die betreffenden Stoffe sich auflösen.

Wie bei Tieren und Menschen tritt auch bei Pflanzen nach jeder Verwundung ein Heilprozeß ein, der den Schaden so gut als möglich zu reparieren sucht und auch wirklich repariert, wenn nicht äußere Umstände dem entgegenwirken. Dabei wird der Verlust entweder ersetzt oder die Wunde wenigstens nach außen abgeschlossen, um von den darunterliegenden Teilen schädliche Einflüsse abzuhalten; sie vernarbt. Alle vollkommneren Pflanzen bilden an der Wundstelle ein eigentümliches Zellgewebe, das in dem einen Falle in der Bildung einer Korkschicht, des sogenannten Wundkorkes, in dem

anderen in der Bildung von Callus besteht. Die Bildung des **Wundkorkes** geht in der Weise vor sich, daß die durch die Verletzung selbst getroffenen und dadurch getöteten Zellen vertrocknen, die anstoßenden aber sich wiederholt durch Scheidewände teilen, welche der Wundfläche parallel liegen. Anfangs sind die Zellen sämtlich äußerst dünnhäutig und mit Protoplasma erfüllt, später verkorken die nach außen gelegenen, verlieren ihr Protoplasma und füllen sich mit Luft, während die inneren teilungsfähig bleiben. Nur dann muß die Korkbildung unterbleiben, wenn die Wundfläche im Verhältnis zum Volumen des Pflanzenteils zu groß ist, weil sie in diesem Falle zu schnell und stark austrocknet. In gleicher Weise wie zu starke Austrocknung wird ihr aber auch zu große Feuchtigkeit hinderlich.

Bei der Bildung des Callus*) wölben sich die Wände der zunächst unter der Wunde gelegenen unverletzt und demnach lebendig gebliebenen Zellen in der Richtung der Wundfläche zu Papillen oder kurzen Schläuchen hervor, in denen wiederholte Zellteilungen eintreten. Nicht bloß Zellen, die noch dem Bildungsgewebe (Meristem) angehören, sondern auch die schon in Dauergewebe übergegangenen Parenchymzellen (also die Zellen des Markes, der Rinde, des Mesophylls im Blatt; nicht aber Holz-, Sklerenchym- und Korkzellen) sind imstande, Callus zu erzeugen. Liegt an der Wunde nur zur Calluserzeugung befähigtes Gewebe, so vermag sich diese an der ganzen Oberfläche mit neuem teilungsfähigen Gewebe (Meristem) zu bedecken. Der Callus selbst bewirkt entweder die Bildung eines Hautgewebes, das die Wunde in ähnlicher Weise abschließt wie der Wundkork; oder er wird zu einer Bildungsstätte verschiedener neuer Gewebe, die den Verlust vollständig ersetzen. Im ersteren Falle hört er bald zu wachsen auf, und seine Zellmembranen verändern sich chemisch derart, daß sie sich wie Kork verhalten; so verheilen Stich- und Schnittwunden an Blättern, ferner die Wundränder der von Insekten durchlöcherten Blätter. Im letzteren Falle setzt sich das Wachstum unter wiederholten Zellteilungen weit länger fort und bildet zunächst ein Meristem, aus dem erst, je nach Bedürfnis, die verschiedenartigen Gewebe hervorgehen, welche den Verlust ersetzen. So entstehen an den Stecklingen Kappen, deren einzelne Gewebe mit den gleichnamigen des Stecklings zusammenhängen; so bildet sich an den Wurzeln an Stelle des abgeschnittenen Vegetationspunktes ein neuer, durch den dieselben wieder weiter zu wachsen befähigt werden; so ersetzen sich Kambium, Rinde, Bast und Holz, wenn Stämme oder Wurzeln dieselben durch Verwundungen teilweise verloren haben. Holzzellen sind, wie schon bemerkt, nicht fähig, eine Neubildung zu veranlassen. Daher kann bei Verwundungen des Holzkörpers die Neubildung nur von der lebendigen Kambiumschicht ausgehen, welche sich rings um die Wunde befindet. Hierbei wölbt sich von den Wundrändern aus allmählich ein Wulst über die Wundfläche hinweg, bis dieselbe vollständig verdeckt ist. Die Ausbreitung des Wulstes wird durch die zwischen der äußeren Rinden- und Bast- und der inneren Holzschicht befindliche Kambiumschicht ermöglicht. Gewöhnlich bezeichnet man diese Erscheinung, die sich an Laub- und Nadelhölzern ohne Ausnahme

*) Das Wort Callus gehört ursprünglich der Gärtnersprache an und bezeichnet den Wulst, mit dem sich die Schnittfläche der Stecklinge überzieht.

beobachten läßt, als Überwallung. Durch Überwallung schließen sich größere Wunden wie kleinere. Auch die in Form von Zeichen und Inschriften gemachten Einschnitte werden überwallt. Hierbei senkt sich die Überwallung in die Vertiefungen des Einschnittes hinein und zeigt auf der Innenseite die Figur erhaben. Fremde Körper können ebenfalls zugleich mit überwallt und so in das Holz eingeschlossen werden.

Zu den krankhaften Erscheinungen der Holzbildung gehört ohne Zweifel auch die Maserbildung. Sie besteht darin, daß die Holzfasern nicht parallel und geradlinig, sondern in unregelmäßigen Bogen und Verschlingungen verlaufen (Figur 160). In einzelnen Fällen mag sie durch Parasiten veranlaßt werden, in den weitaus meisten läßt sich ein solcher Einfluß aber nicht nachweisen. In der Mehrzahl sind die Botaniker der Ansicht, daß die Maserbildung nichts Anderes als die unmittelbare Folge der Anwesenheit zahlreicher Adventivknospen sei, und sie erklären sie folgendermaßen: Durch die zahlreichen Adventivknospen, die in der Regel bald wieder absterben, werden in ähnlicher Weise, wie es im größeren Maßstabe durch jeden Aststumpf geschieht, im Querschnitte runde oder elliptisch erscheinende Unterbrechungen der Kambiumschicht herbeigeführt, infolgederen die von ihr gebildeten neuen Holzfasern zu einem Ausweichen genötigt werden und sich von beiden Seiten schief um den Zweiganſatz legen müssen. Sobald die Bildung derartiger Knospen fortdauert, muß natürlich der Faserverlauf immer unregelmäßiger werden. Jedoch läßt sich nach Frank auf diese Weise nur die gröbere Maserbildung, aber nicht die feinere erklären. Diese letztere beruht nach dem genannten Forscher auf einer abnormen Vergrößerung und Formveränderung der Markstrahlen, die die Kerne der Masermaschen bilden, um welche die Holzstränge in Form einer Ellipse oder in einem vollständig geschlossenen Kreise herumlaufen. Durch die Anordnung der Holzstränge um den centralen Markcylinder entstehen die Augen der Maser. In der nächsten Nachbarschaft des einen Auges befindet sich gewöhnlich ein zweites oder drittes. Oft sind mehrere Augen wieder mit einem Holzstrange umzogen, oder es schlängeln sich zwischen ihnen andere nicht in sich zurücklaufende Holzstränge hin. Die eigentümliche Verteilung von Markstrahlengewebe und Holzsträngen wird, wenn sie einmal begonnen, durch das Kambium dauernd fortgesetzt. Ausdrücklich muß hier bemerkt werden, daß sich die Maserung nur auf Tangentialschnitten, nicht aber auf Radialschnitten darbietet. Solche Stellen an Pflanzenteilen, die einmal maserig geworden sind, haben die Neigung, sich stärker als andere zu verdicken und geben dann Anlaß zur Entstehung eigentümlicher Anschwellungen, der Maserkröpfe. Von den Maserkröpfen sind die sogenannten Maserknollen verschieden: kugelige Gebilde von Flintenkugel- bis Taubeneigröße, die anfangs im Baste stecken, später aber mehr und mehr hervortreten und von einer



Figur 160. Maserholz der Eiche. Stück eines Maserkropfes von der Splintfläche gesehen, den Verlauf der Holzstränge zeigend.

Borke bedeckte Holzkörper darstellen, welche massiv und ausgeprägt maserig sind. Ihre Entstehung ist noch völlig dunkel.

Der vorhin geschilderte Heilprozeß erfährt zuweilen mannigfache Störungen. Bei einem gewissen Wärmegrade können unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffs oder häufiger noch infolge der Einwirkung saprophyter Pilze Zersetzungserscheinungen sein Zustandekommen beeinträchtigen oder gänzlich hindern. Es tritt dann anstatt der Heilung Wundfäule ein. Derartige Zersetzungserscheinungen sind außerordentlich von äußeren Verhältnissen abhängig, und vor allem erweist sich feuchte Luft ihnen im höchsten Grade förderlich.

Weiche, nicht holzige Pflanzen bez. Pflanzenteile verhalten sich nach ihrer Verwundung sehr verschieden, je nachdem sie saftarm oder wasserreich sind, je nachdem sie sich im feuchten Erdboden oder in wassergeschwängerter oder in trockner Luft befinden. Saftarme Pflanzenteile zeigen selten tiefergehende Zersetzungserscheinungen; entweder heilen sie, oder das Absterben infolge Vertrocknens der anschließenden Zellschichten schreitet fort. Saftigere Pflanzenteile in feuchter Luft bez. feuchtem Boden gehen nach Verletzung in Fäulnis über und lösen sich in eine jauchige oder breiige Substanz auf. So geschieht es bei Kartoffeln, Rüben, ferner in Gewächshäusern bei den Succulenten.

Auch bei Holzpflanzen treten infolge von Verwundungen, besonders wenn diese umfänglicher sind und nicht so schnell vernarben können, z. B. an Aststümpfen, an Schnittflächen stärkerer Äste, an Schälwunden &c., ebenfalls leicht Zersetzungserscheinungen auf, die als eine Art Wundfäule angesehen werden müssen, wenn man sie für gewöhnlich auch mit dem Namen Brand oder Nekrose belegt. Die betreffende Krankheit beginnt in der Regel damit, daß die Wundfläche bis zu einer gewissen Tiefe vertrocknet und die davon betroffenen Zellen absterben. Das tote, rissige Holz nimmt nun begierig Wasser auf und zersetzt sich unter dem Einflusse von Fäulnisorganismen. Die löslichen Zersetzungsprodukte lagern sich als Kruste auf der inneren Wandung der Holzzellen ab und füllen dieselben nicht selten vollständig aus. Je reichlicher sie vorhanden sind, desto dunkler braun erscheint das faule Holz gefärbt. In Wasser gelöst breiten sich die Zersetzungsstoffe immer weiter im Holze aus, ergreifen neue Zellpartien und töten sie ebenfalls. Nimmt das Holz, das infolge dieses Fäulnisprozesses immer mürber und zerreiblicher wird, eine rötliche, bräunliche oder schwärzliche Färbung an, so spricht man von Rotfäule oder nasser Fäule. Bleibt es jedoch hell, so nennt man den Vorgang Weiß- oder Trockenfäule, auch wohl Vermoderung. Am seltensten ist die Grünfäule, bei welcher sich die Zellwandungen des Holzes, wie auch die Mycelfäden der etwa auftretenden Pilze durch eine spangrüne Farbe auszeichnen. Sie tritt zuweilen an Birken-, Buchen- und Eichenholz, das lange Zeit im Boden gestanden hat, besonders an alten faulen Stöcken auf. Die Weißfäule, die ungehinderten Luftzutritt bei minderer Feuchtigkeit voraussetzt, kommt hauptsächlich an Linden, Weiden, Pappeln und anderen Laubhölzern, die Rotfäule an allen Hölzern ohne Unterschied vor. Schließlich zerfällt faules Holz in eine schwarzbraune, erdige Masse, die sogenannte Baumerde; es ist damit vollständig humificiert, d. h. in Humus übergegangen.

Diese Fäulniserscheinungen können am lebenden Holze infolge der verschiedenartigsten Verwundungen auftreten. Die gefährlichsten Wunden

sind in dieser Beziehung die Aststümpfe. Da hier vom Stamme oder der lebendbleibenden Astbasis aus keine Überwallung eintreten kann und die Wunden sich also nicht zu schließen vermögen, so dringen Wasser und Fäulnispilze leicht ein und bewirken ein Ausfaulen des Holzkörpers bis in den Stamm hinein. Durch Abschneiden des Astes glatt an der Stammoberfläche läßt sich aber die Bildung von Asthöhlen vermeiden. Es kommt dann nur zu einer Bräunung des Holzkörpers, die je nach der Größe der Wundfläche und je nachdem die Ästung im Sommer oder Winter erfolgt, höchstens 1,5—2,5 Cm. tief eindringt und der durch die Überwallung schließlich ein Ziel gesetzt wird. Gipfelbruch oder Verlust sehr starker Äste begünstigen natürlich die Verbreitung der Zersetzungsprozesse in den Stamm hinein ganz außerordentlich; sie führen zum Ausfaulen des ganzen Stammes und somit zur Entstehung hohler Bäume. Unter Umständen vermag sich auch Wurzelfäule in den Stamm fortzusetzen. Wundfäule kann natürlich auch infolge von Frostspalten entstehen.

Als eine Wundkrankheit, die sehr oft unsere Kernobstbäume schädigt, ist noch der Krebs zu nennen. An den Zweigen und Stämmen derselben treten Wundstellen auf, bei denen der natürliche Heilprozeß durch Verwundung der Überwallungsränder immer wieder gestört wird, welche daher immer größer werden. Zugleich macht sich aber auch in der Kambiumschicht eine krankhafte Thätigkeit geltend, indem anstatt normalen Holzes bloß Holzparenchym gebildet wird. Sicher ist, daß die Blutlaus (s. w. u.) Krebsgeschwülste zu erzeugen vermag. Da Krebs aber auch an Stämmen auftritt, an denen die Blutlaus nie vorgekommen ist, muß es noch andere Ursachen davon geben. Dieselben sind aber bis jetzt noch nicht festgestellt worden.

Um Nutzbäume, denen man beim Beschneiden oder Ausästen Wunden beizubringen genötigt ist, vor der Wundfäule zu bewahren, darf man den Schnitt resp. die Ästung nicht während der Vegetationszeit vornehmen. Vor allem darf man aber auch keine Ast- bez. Zweigstümpfe stehen lassen, sondern muß den Schnitt unmittelbar an der Basis bewerkstelligen und die Wunde glatt verschneiden. Größere Wunden müssen außerdem noch durch konservierende Mittel (durch Harzüberzug oder Teerung mit Steinkohlenteer) vor dem ungehinderten Zutritte der Atmosphärilien wie der Fäulnisorganismen geschützt werden.

4. Pflanzliche Schmarotzer.

Eine große Reihe von Pflanzenkrankheiten wird durch pflanzliche Schmarotzer hervorgerufen, welche in ihrer überwiegenden Mehrheit zu den Pilzen gehören.

Die Erkenntnis, daß Pilze die Ursachen von sehr vielen und sehr verschiedenen Pflanzenkrankheiten sind, ist noch gar nicht alt; sie datiert erst aus dem Anfange der 50er Jahre dieses Jahrhunderts. Früher hatte man sehr oft schon Pilze an Pflanzen beobachtet, dieselben auch bereits als solche erkannt, aber die ursächliche Beziehung derselben zu den betreffenden Pflanzenkrankheiten war nicht klar geworden. Man hatte vielmehr gemeint, dieselben seien nur Begleiterscheinungen, sie seien nur die Produkte einer krankhaften Bildungsthätigkeit innerhalb der Pflanze. Erst durch die Forschungen

von Tulasne, de Bary und Kühn wurde festgestellt, daß die Schmarotzerpilze gleich anderen Pflanzen sich durch Keime fortpflanzen, daß sie nur allein aus solchen wieder erstehen, und daß sie einzig und allein durch ihre Entstehung und Weiterentwicklung die krankhaften Erscheinungen an den Pflanzen, die sie bewohnen, hervorrufen. Der unzweifelhafteste Beweis wurde in vielen Fällen dadurch erbracht, daß gesunde Pflanzen, die mit einem Schmarotzer inficiert d. h. denen die Keime eines solchen aufgebracht wurden, sehr bald die gleiche charakteristische Krankheit wie diejenigen zeigten, denen die Keime entnommen worden waren, und ferner dadurch, daß man der Entwicklung des Keimes: der Keimung der Spore auf der Nährpflanze, dem Eindringen des Keimschlauchs in dieselbe, der Entwicklung eines Pilzlagers im Gewebe derselben und der Bildung neuer Keime auf demselben Schritt für Schritt folgte und damit zugleich ein Gesamtbild der Krankheitserscheinungen erhielt, welche infolge des Parasitismus nach und nach am Wirte auftreten.

Die Eingriffe, die der Schmarotzer durch seine Vegetation in die Lebensverrichtungen der Nährpflanze beobachten läßt, sind sehr verschiedener Art. Bald bringt er gar keine merkbaren Veränderungen an derselben hervor, so daß man kaum von Krankheitserscheinungen reden kann; bald läßt er das Zellhautskelett, welches den ergriffenen Teil bildet, völlig unberührt und entzieht den betreffenden Zellen nur den Inhalt; bald wieder zerstört er das Zellgewebe vollständig, so daß es gänzlich zerfällt; zuweilen giebt er aber auch eine Anregung zu reichlicher Nahrungszufuhr, so daß lokale Wucherungen (Hypertrophien) an demselben eintreten.

Von den Pilzfamilien, die an den Pflanzen Krankheiten hervorrufen, sind zu nennen:

die Chytridiaceen.

Dieselben gehören zu den einfachsten Organismen, da sie nur einzellige Wesen darstellen, bei welchen die eine Zelle gleichzeitig Vegetations- und Fortpflanzungsorgan ist. Die Fortpflanzung erfolgt in der Weise, daß die eine Zelle später zum Sporangium wird, in dem Schwärmsporen entstehen. Manche Chytridiaceen sitzen ihren Nährpflanzen nur äußerlich an; andere wieder entwickeln sich im Zellinneren. Eine Anzahl von ihnen bewohnt nur Wasserpflanzen, andere wieder leben in den Epidermiszellen phanerogamer Landpflanzen. Einzelne lassen kaum einen Einfluß auf ihre Nährzelle wahrnehmen, andere wieder desorganisieren sie vollständig.

An Wasserpflanzen, besonders Algen, schmarotzen die Glieder der Gattung Chytridium, während diejenigen der Gattung Synchytrium in den Epidermiszellen der Stengel und Blätter verschiedenartiger Phanerogamen leben.

Die Saprolegniaceen.

Von ihnen lebt nur ein kleiner Teil parasitisch, die meisten sind Saprophyten. Gebildet werden sie von langen, schlauchförmigen Zellen, die ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane, Schwärmsporen und geschlechtliche Oosporen hervorbringen, welche letzteren aus den durch Antheridien befruchteten Oogonien hervorgehen.

Die parasitisch lebenden finden sich teils an verschiedenen Algen, teils an verschiedenen Lebermoosen, teils an den Vorkeimen von Gefäßkryptogamen,

teils endlich auch am Stengel von Phanerogamen. Immer wirken sie mehr oder weniger desorganisierend.

Die Peronosporeen.

Die Glieder dieser Pilzfamilie sind sämtlich Parasiten und bewohnen die verschiedenartigsten Blütenpflanzen. Sie werden von einem einzelligen, schlauchförmigen, verzweigten Mycelium gebildet, das in den Intercellularräumen des Zellgewebes der Nährpflanze (bez. des befallenen Pflanzenteiles) wuchert und an der Oberfläche derselben auf einfachen oder baumförmig verzweigten Trägern farblose Keimzellen (Konidien) abschnürt, außerdem aber im Innern seines Ernährers auch Geschlechtsorgane bildet und Oosporen erzeugt. Alle Peronosporeen rufen ausgeprägte Krankheiten hervor.

Zu ihnen gehört vor allen der Pilz der Kartoffelkrankheit (**Phytophthora infestans**) Tafel I. Figur 4. Derselbe findet sich ebensowohl am Kartoffelkraute als an den Kartoffelknollen. Auf ersterem ruft er braune Flecken hervor, die sich immer mehr vergrößern, bis endlich das ganze Laub dürr geworden und abgestorben ist; in den letzteren bewirkt er Bräunung und schließliche Zersetzung — die sogenannte Zellen- oder Knollenfäule. In den Kartoffelkulturen erscheint er in der Regel im Monat August zunächst auf dem Kraute. Wir sehen dasselbe bald hier und da vergilben und die eben erwähnten braunen Flecke bilden, die sich an Umfang nach allen Seiten hin vergrößern. Bringen wir ein solches Blatt dem Auge etwas näher, so bemerken wir auf der Rückseite desselben sehr leicht einen aus seidenglänzenden Fäden bestehenden weißen Schimmel. Das Mikroskop zeigt uns, daß dieser Schimmel aus lauter baumförmig verzweigten Konidienträgern besteht, die einzeln oder zu mehreren aus den Spaltöffnungen, zuweilen auch aus beliebigen Stellen der Epidermis hervorbrechen. Die citronenförmigen Konidien lösen sich leicht von ihren Tragfäden ab und werden ebenso leicht von Blatt zu Blatt, von Pflanze zu Pflanze geweht. Sie sind vor allem die Ursache der Weiterverbreitung der Krankheit. Im Tau- oder Regentropfen keimen sie, und zwar treiben sie entweder sogleich einen Keimschlauch aus, der in das Gewebe eines neuen Blattes eindringt, oder sie bilden erst Schwärmsporen, die eine Zeitlang in dem Tropfen, der sie zum Ausschwärmen brachte, herumwimmeln und sich dann ebenfalls einbohren. Bei feuchtwarmer Witterung geht die Verbreitung der Krankheit außerordentlich schnell vor sich. In wenigen Tagen kann eine weit ausgebreitete Kulturfläche vollständig ergriffen, und in wenigen Wochen können die oberirdischen Pflanzenteile auf derselben vollständig abgestorben sein. Die Krankheit der oberirdischen, grünen Pflanzenteile beschränkt besonders die Assimilationsthätigkeit der Kartoffelpflanze, und der frühe Eintritt derselben verhindert die Aufspeicherung größerer Mengen von Stärkemehl in den Knollen. Weit verderblicher ists für den Ernteertrag aber, wenn auch die Knollen erkranken, indem sich an ihnen ebenfalls braune Flecken bilden, die immer weiter greifen, immer tiefer in die Zellmasse eindringen, dabei den Zellinhalt dunkel färben, die Zellwände verändern, auflösen und die Knollen endlich in eine stinkende Jauche umwandeln oder in eine rissige, leicht zerfallende Masse zusammenschrumpfen lassen.

Aber in welcher Weise werden die Knollen angesteckt? Dringt das Mycel etwa durch die Stengelteile herab bis zu den Wurzeln bez. Knollen?

Das ist nicht der Fall. Die Krautverderbnis hat nicht ohne weiteres die Knollenverderbnis zur Folge. Die letztere erfolgt erst, wenn durch feuchte Niederschläge die Konidien tiefer in die Erde geführt werden und hier Feuchtigkeit genug zur Schwärmsporenbildung finden. Gelangen die Schwärmsporen bei ihrem Herumwimmeln zufällig auf eine Kartoffelknolle, so setzen sie sich fest und bohren sich in das Gewebe derselben ein. Herrscht anhaltend nasse Witterung, so schreitet die Krankheit schon im Boden bis zur Fäule fort; an den Knollen, an denen die Fäule zur Erntezeit erst begonnen hat, greift sie während der Aufbewahrung im Keller oder in der Miete weiter um sich, und dieselben werden je nach der Beschaffenheit des Aufenthaltsortes entweder jauchig oder schrumpfen zusammen. Daß die Krankheit an den Aufbewahrungsorten der Knollen, besonders bei dichter Aufschichtung derselben, sehr leicht eine weitere Verbreitung findet, ist erklärlich. Die eine kranke Knolle steckt schon durch ihr Mycel die umliegenden benachbarten an. Oosporen hat man vom Kartoffelpilz noch nicht gefunden. Die Überwinterung erfolgt bei uns allein durch das ausdauernde Mycel in kranken Kartoffeln. Durch solche gelangt der Pilz auch wieder auf den Acker. Wenn aus einer Saatkartoffel, an der sich vielleicht nur die ersten Spuren der Pilzvegetation bemerklich machen, eine neue Kartoffelpflanze hervorgeht, so vermag der Pilz in die jungen Triebe einzudringen und in ihnen emporzuwachsen. Schließlich erscheint er in den Blättern, bildet in der bekannten Weise seine Konidien und wird dadurch zur Ansteckungsquelle für die oberirdischen Teile anderer Kartoffelpflanzen.

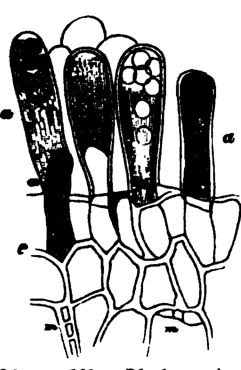
Außer der Kartoffelpflanze bewohnt der erwähnte Pilz noch eine Anzahl anderer Nachtschattenarten, welche mit ihr die mittelamerikanische Heimat teilen z. B. Solanum lycopersicum, S. melongena etc. Dadurch wird es auch wahrscheinlich, daß der Pilz nicht ursprünglich bei uns heimisch war, sondern selbst jenen Gegenden entstammt. Jedenfalls kam er in kranken Knollen zu uns. Geradezu verheerend trat die Krankheit in Europa in den Jahren von 1845—50 auf. Seit jener Zeit hat ihre Heftigkeit bedeutend nachgelassen; die Krankheit ist aber permanent geblieben und findet sich in trockenen Sommern in geringerem, in feuchten in stärkerem Grade. Überhaupt befördert alles, was einen dauernd hohen oder plötzlich sich steigernden Feuchtigkeitsgrad der Luft und des Bodens bewirkt, die Krankheit in hohem Maße, da nur in diesem Falle eine reichliche Bildung der Konidienträger eintritt und auch nur dann die Keimung der Konidien oder die Schwärmsporenbildung aufs leichteste und schnellste vor sich geht.

Außerdem werden nun aber noch andere Peronosporeen zu Krankheitsursachen an verschiedenen Pflanzen. Es sind dies Phytophthora fagi an den Keimblättern von Buchensämlingen, Peronospora nivea auf Doldengewächsen (Petersilie, Kerbel, Möhren), P. viticola auf nordamerikanischen Reben, P. gangliformis auf Korbblütlern (Salat), P. parasitica auf vielen Kreuzblütlern, P. trifoliorum auf Klee, Schneckenklee, Steinklee, Walderve, P. sparsa auf Rosenblättern. Während bei den Gattungen Phytophthora und Peronospora die Konidien aus den Spaltöffnungen hervortreten und an den befallenen Teilen einen weißlichen, grauen oder bläulichgrauen schimmelartigen Überzug hervorrufen, zeichnen sich die zur Gattung Cystopus gehörigen Peronosporeen durch reinweiße, zusammenhängende Konidienlager aus, die unter der Epidermis angelegt werden und diese schließlich

abheben. Bei ihnen sind die Konidienträger auch nicht baumartig verzweigt, sondern einfach keulenförmig und schnüren die Konidien reihenweise ab. Am gemeinsten ist der Stengel und Verzweigungen vom Hirtentäschel mit einer dicken weißen Kruste überziehende Cystopus candidus. An verschiedenen Korbblütlern tritt C. cubicus, am Portulak C. portulacae auf.

Eine Anzahl weiterer Pflanzenkrankheiten wird durch Ascomyceten oder Schlauchpilze hervorgerufen d. h. durch Pilze, welche die geschlechtlich erzeugten Sporen in kugeligen bis keulenförmigen, dem Fruchtlager senkrecht aufsitzenden Schläuchen bilden. Diese Schlauchschicht kann nun entweder jeder Umhüllung ermangeln (Gymnoasci oder Nacktschläuche); oder sie wird von einer am Scheitel offenen Hülle umgeben (Discomycetes oder Scheibenpilze); oder sie wird endlich von einer solchen vollständig umschlossen (Pyrenomycetes oder Kernpilze). Neben den Schlauchsporen erzeugen die meisten Schlauchpilze auch noch ungeschlechtlich eine oder mehrere Arten von Keimzellen (Konidien).

Die niederste Abteilung der Schlauchpilze machen die Nacktschläuche (Gymnoasci) aus. Einzelne von ihnen, die einfachste Form bildend, sind sogar ohne Mycelium und bestehen nur aus einer einzigen, zum Sporenschlauch (Ascus) werdenden Zelle. Hierher gehört der auf Erlenblättern häufige Ascomyces Tosquinetii, dann der auf Schwarz- und Zitterpappeln vorkommende A. aureus. Die übrigen haben ein Mycel, das in dem befallenen Pflanzenteile wuchert und von welchem Zweige ausgehen, die sich zwischen Cuticula und Epidermis zu Sporenschläuchen entwickeln, die endlich die Cuticula abheben, beziehentlich durchbrechen und, dicht gedrängt aneinander stehend, daraus hervorwachsen. An der betreffenden Stelle erscheinen sie immer als feiner, grauer Schimmel oder als zarter Reif. Alle Nacktschläuche bewirken an den Pflanzenteilen, welche sie befallen, Mißbildungen verschiedenster Art. Die blattbewohnenden Arten rufen am Blatte gewöhnlich buckel- oder blasenförmige Auftreibungen, Kräuselungen und dergleichen hervor (die Kräuselkrankheit am Pfirsich- oder Kirschbaum verursacht Exoascus deformans); die in den Fruchtknoten verschiedener Steinobstarten wuchernden erzeugen die unter dem Namen von Taschen, Schoten, Narren oder Hungerzwetschen bekannten Mißbildungen Figur 161 (Exoascus pruni). Das Mycelium dieser Pilze perenniert jedenfalls in den Zweigen der Bäume, auf denen ihre Fruchtlager an Blättern oder Fruchtknoten erscheinen. Eine Heilung der Krankheit würde dann nur durch Zurückschneiden der betreffenden Zweige herbeizuführen sein.



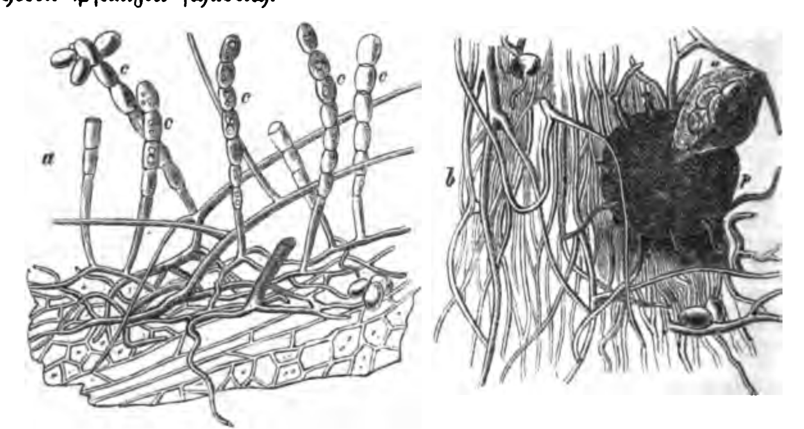
Figur 161. Oberhaut einer Pflaumentasche mit den aufsitzenden Schläuchen des die Tasche erzeugenden Pilzes (Exoascus pruni) auf verschiedenen Entwicklungsstufen; e Oberhaut, a, Sporenschläuche, m durchschnittene Pilzfäden. Vergr. 400.

Von den Scheibenpilzen oder Discomyceten birgt besonders die Gattung Peziza, die an ihren napf- oder becherförmigen Fruchtkörpern leicht kenntlich ist, eine Anzahl Pflanzenschmarotzer. Einzelne Arten dieser Gattung entwickeln innerhalb der befallenen Pflanzenteile ein Mycel, aus dem sofort wieder Fruchtbecher hervorwachsen, wie der kelchartige Becherpilz (Peziza calycina), der nach Willkomm den Krebs an Lärchen hervorruft. Bei anderen entstehen aus dem parasitischen Mycel, das in der

Nährpflanze wuchert und diese schließlich tötet oder wenigstens schwer schädigt, zunächst Dauermycelien oder Sklerotien — kleine schwarze knollenförmige Körperchen —, welche den getöteten Pflanzenteilen inwendig oder äußerlich ansitzen, und aus diesen gehen erst die Fruchtbecher hervor, deren Sporen neue Ansteckungen vermitteln können. So wird der Raps außerordentlich geschädigt und zur Früh- oder Notreife gebracht durch die Peziza sclerotioides; am Klee ruft die Peziza ciborioides den Kleekrebs hervor. Ferner hat man noch Sklerotienkrankheiten an Hanf, Speisezwiebeln, Hyazinthen (schwarzer und weißer Rotz), Früchten und Grasblättern beobachtet.

Zu den Scheibenpilzen gehört ferner die Gattung Hysterium, deren einzelne Arten an Tannen-, Fichten- oder Kiefernadeln den Ritzenschorf erzeugen. Derselbe macht sich dadurch bemerklich, daß an den befallenen Nadeln gelbe Flecken erscheinen, welche bald dunkler werden und schließlich ein Absterben und Abfallen der Nadeln herbeiführen. An den abgestorbenen bez. abgefallenen Nadeln treten dann erst die schwarzen, linealischen bis elliptischen Fruchtkörper auf, die, im Gewebe der Unterlage entstanden, als strichförmige Polster aus derselben hervorbrechen und sich endlich mit einem Längsritz lippenförmig öffnen, wodurch die von den senkrechtstehenden Sporenschläuchen gebildete Scheibe bloß gelegt wird. Zu nennen sind hier der Tannen-Ritzenschorf (Hysterium [Hypoderma] nervisequum), der Fichten- und Kiefern-Ritzenschorf (Hysterium [Lophodermium] pinastri). Die verwandte Pilzgattung Rhytisma, die vorzugsweise an den Blättern verschiedener Laubbäume auftritt, bildet an diesen große schwarze Krusten, in denen zahlreiche Fruchtkörper, ganz vom Bau des Hysterium, angelegt sind, die aber nicht geradlinig verlaufen, sondern sich unregelmäßig hin und her schlängeln. Auf Berg-, Spitz- und Feldahorn findet sich sehr häufig Rhytisma acerinum, auf Sahl- und Ohrweide (Salix caprea und aurita) Rh. salicinum.

Auch von den Kernpilzen werden eine größere Zahl verschiedenen höheren Pflanzen schädlich.



Figur 162. Mehltaupilz der Rose (Sphaerotheca pannosa): a konidientragendes Mycel, b perithecientragendes Mycel; c Konidienketten, p Perithecium, c Schlauch mit Sporen.

Hierher gehören die Mehltaupilze (Erysipheen), welche Blätter und Stengel zahlreicher Kulturpflanzen mit einem ekelhaften, weißstaubigen, mehligen

Überzuge bedecken, der sich bei feuchtwarmer Witterung außerordentlich schnell verbreitet. Der Mehltaupilz der Rose (Sphaerotheca pannosa, Figur 162) kann unseren schönsten Rosenflor in der kürzesten Zeit aufs gründlichste ruiniren, indem er bewirkt, daß die Blätter zusammenschrumpfen und die Knospen elendiglich verkrüppeln. Dabei überzieht er wie alle anderen Erysipheen nur die Oberfläche der Blätter, Blüten und grünen Pflanzenteile mit seinem spinnwebartigen Mycel. Dasselbe schmiegt sich der Epidermis der betreffenden Teile eng an und hält sich durch besondere Haftorgane, die auch imstande sind, ihrer Unterlage Nahrung zu entziehen, an derselben fest. Die schnelle Verbreitung dieser Pilze beruht hauptsächlich auf der Unzahl sofort wieder keimender Konidien, welche reihenweise auf senkrecht vom Mycel aufsteigenden Fäden (Figur 162 a) abgeschnürt werden. Hat die Ausbreitung des Pilzes einmal begonnen, so schreitet sie unaufhaltsam vorwärts. Mehltaupilze finden wir außerdem an Hopfen, Kürbis und Gurke, Klee &c. (Sphaerotheca Castagnei, Erysiphe Martii u. a.). Einer derselben (Erysiphe Tuckeri) verursacht am Weinstock die sogenannte Traubenkrankheit und minderte früher in Weingegenden die Weinernten ganz bedeutend ab, ja schwächte durch alljährlich wiederholtes Befallen die Pflanzen nach und nach so, daß viele davon zu Grunde gingen. Auf Madeira hatte er z. B. die Rebenkultur für eine Zeitlang ganz vernichtet. Jetzt tritt er glücklicherweise in weit geringerem Grade schädlich auf und wird wenig mehr gefürchtet; man weiß ihm überdies auch besser zu begegnen.

Hat bei den Mehltaupilzen nach ihrer vollständigen Entwicklung die massenhafte Abschnürung der Konidien noch eine Zeit lang fortgedauert, so treten andere Fortpflanzungsorgane auf. Es entstehen feste, dunkelbraune, vollständig geschlossene Gehäuse — die Kernfrüchte oder Perithecien —, in denen ein oder mehrere Schläuche mit je 2 bis 8 einzelligen Sporen gebildet werden (Figur 162 b). Dem bloßen Auge erscheinen diese Gehäuse, welche von eigentümlich gestalteten und angeordneten Fäden besetzt werden, freilich nur als kleine schwarze Pünktchen.

Das beste Mittel zur Beseitigung des Mehltaues scheint das Schwefeln d. i. das Bestreuen der befallenen Pflanzen mit Schwefelblumen zu sein. Wenigstens wird dasselbe in den Weingegenden oft in großem Maßstabe und meist mit gutem Erfolge angewendet.

Von den Pleospora-artigen Pilzen bilden einige ebenfalls dichte Überzüge auf der Oberfläche lebender Pflanzenteile, ja sie dringen teilweise auch selbst in das Gewebe derselben ein. Ihr Mycel ist dabei in der Regel stets sehr reichlich mit Konidien bedeckt. Hierher gehört der Rußtau (Fumago salicina), der das Laub des Weißdorns, junger Apfelbäume (bes. solcher in Zwerg- oder Cordonform) und vieler anderer Pflanzen mit einem mehr oder weniger dichten, schwarzen Überzuge bedeckt. Am Hopfen bewirkt er den schwarzen Brand. Von verschiedenen Seiten wird die Schädlichkeit des Fumago allerdings stark angezweifelt und behauptet, daß er auf der Oberfläche der Blätter von ihm befallener Pflanzen nur saprophytisch von dem durch Blattläuse erzeugten Honigtau oder von der auf Blättern sich ansammelnden Staubmenge, oder von den Ausscheidungen anderer Gliederfüßler lebe. Darüber kann aber wohl kein Zweifel sein, daß er, wenn er auch die Gewebezellen der befallenen Teile nicht aussaugt, doch durch den dichten Überzug, den er auf ihnen

bildet, dem Blatte Licht entzieht und es in seiner Assimilationsthätigkeit schwächt. Das Mycel der speciell zur Gattung Pleospora gehörigen Kernpilze, das sich ebenfalls durch schwarze Färbung auszeichnet, ist offenbar gefährlicher, weil es nicht bloß die Oberfläche der grünen Pflanzenteile, vor allem der Blätter, überzieht, sondern offenbar auch ins Innere derselben eindringt. Wie bei Fumago haben wir es hier gewöhnlich nur mit der konidienbildenden Form des Pilzes zu thun. Die Perithecien werden hier wie dort erst zur Herbst- und Winterszeit an den dickeren Pflanzenteilen, besonders an den Stengeln, gebildet. Am verbreitetsten ist die Konidienform von Pleospora herbarum, welche früher als Cladosporium herbarum bezeichnet und als ein selbständiger Pilz angesehen wurde. Gewöhnlich lebt sie bloß saprophytisch auf kürzlich abgestorbenen Teilen kraut- oder grasartiger Pflanzen und bildet an denselben zarte graubraune bis grünlichschwarze Flecken; sie geht aber ebenso gern auch auf lebende Pflanzen über und wird parasitisch z. B. bei der Schwärze der Halmfrüchte und dem Rußtau der Hyazinthenzwiebeln. Als Rapsverderber ist durch Professor Kühn das Mycelium der Pleospora napi erkannt worden, welches die jungen Schoten überzieht und hier seine braunen, mit mehrfachen Scheidewänden versehenen Konidien bildet, welche mit dem zugehörigen Mycel früher als Sporidesmium exitiosum beschrieben wurden. Durch die Konidienform von anderen Pleosporeen werden auch die Kräuselkrankheit der Kartoffeln und die Herzfäule der Runkelrüben bewirkt.

Als die Urheber mißfarbener Flecke auf grünen Blättern hat man noch verschiedene andere Pilze beobachtet, welche aber bis jetzt nur in der Konidienform, aber noch nicht perithecienbildend aufgefunden worden sind. So erzeugt Fusicladium dendriticum die sogenannten Rostflecken auf den Blättern des Apfelbaums und auf reifenden Äpfeln; F. pyrinum ruft ähnliche Erscheinungen an Blättern und Früchten des Birnbaums, Morthiera mespili (durch die aus 4 kreuzweise verbundenen Zellen bestehenden Konidien gekennzeichnet) die Blattbräune der Mispeln und Birnbäume hervor.

Zur Sommerszeit erscheinen überhaupt auf den lebenden Blättern der verschiedensten Pflanzen sehr oft weißliche, gelbe oder braune Flecken, an denen die Blattsubstanz abstirbt und vertrocknet. Anfangs sind sie sehr klein, nach und nach werden sie aber immer größer. Ihr Wachstum schreitet am ganzen Umfange gleichmäßig fort, und der Fleck läßt infolgedessen vom Rande nach der Mitte zu alle nach und nach eintretenden Veränderungen gleichzeitig erkennen. Da die erste Veränderung in der Regel in einer Rotfärbung des Zellsaftes besteht, so erscheinen die Flecken gewöhnlich rot umsäumt. Alle die Veränderungen, welche die Blattsubstanz nach und nach erleidet, werden durch die Vegetation endophytischer Pilzmycelien bewirkt, die später durch die Spaltöffnungen konidientragende Fäden hervorstrecken. Kleinere Blätter werden schließlich schon von einem Flecke ganz eingenommen und vertrocknen infolgedessen; größere zeigen gewöhnlich mehrere, oft sogar zahlreiche Flecken; sie widerstehen in der Regel länger, gehen schließlich aber doch auch zu Grunde. Die Konidienformen, die man nach ihrer Gestalt in mehrere Gattungen (Ramularia, Cercospora, Cylindrospora, Scolecotrichum etc.) verteilt hat, gehören wohl meist zu Sphaerella oder einer anderen dieser nahestehenden Kernpilzgattung. Die Flecken auf den Ampferarten rühren von Ramularia obovata, die auf Petersilie und Meerrettig von Cercospora apii, die auf den

Blättern des Weinstockes von Cercospora vitis, die an verschiedenen Gräsern von Scolecotrichum graminis her. Während bei den ebenbesprochenen Flecken der Pilz in dem Blattgewebe nur ein Mycel bildet, aus dem ohne weiteres die Konidienträger hervorsprossen, das aber mit den ausgezehrten Zellen abstirbt, bildet er in anderen Fällen in der Substanz des befallenen Blattteiles ein dünnes Fruchtlager, auf dem Konidien entstehen, die erst nach Zerreißung der Oberhaut an die Oberfläche hervortreten. So ists bei einer Krankheit des Weinstocks — Schwindpocken, schwarzer Brenner, Pech der Reben oder Anthracnose genannt —, die auf allen möglichen grünen Teilen, auf Blättern, Blattstielen, Stengelgliedern, Ranken, Beeren auftritt und braune, etwas vertiefte und mit einem wulstigen Rande versehene Flecken erzeugt, welche allmählich an Größe zunehmen und dabei gewöhnlich rundliche Ausbuchtungen mit dazwischenliegenden spitzen Winkeln zeigen. Junge Triebe mit den ansitzenden Blättern erliegen dem Pilze außerordentlich schnell; an festeren Teilen nehmen die Flecken nur langsam an Größe zu, gehen aber zugleich nach innen und zerstören das Holz. In ähnlicher Weise werden die Beerenansätze und zuletzt auch die Beeren zerstört. Die schuldige Pilzform ist von de Bary genauer untersucht und Sphaceloma ampelinum genannt worden. Hell lachsfarbene Fruchtlager, aus denen die Konidien durch die darüber zerrissene Oberhaut als gallertartige Masse hervorquellen, bildet auf den kranken Flecken vieler Blätter und Früchte die Formengattung Gloeosporium, von der das Gl. ampelophagum in den Rebpflanzungen Österreichs, Tirols und Italiens vor einigen Jahren besonders schädlich aufgetreten ist. Auch diese konidientragenden Fruchtlager gehören wahrscheinlich verschiedenen Kernpilzen an.

Wir finden ferner an Blättern und Früchten noch eine Anzahl ganz ähnlicher Fleckenkrankheiten, die aber nicht durch Konidienformen, sondern durch Spermogonien- und Pyknidenformen von Kernpilzen hervorgerufen werden. Die Kernpilze bilden nämlich im Verlaufe ihrer Entwicklung außer den ungeschlechtlichen Konidien und den Perithecien auch Fruchtkörper, welche dem Baue nach den Perithecien ähnlich sind und auf fadenförmigen Trägern befindliche kleine, stab- oder sichelförmige, einzellige (Mikrostylosporen oder Spermatien) oder größere, ein- oder mehrzellige, leicht auskeimende Gebilde (Makrostylosporen oder Stylosporen kurzweg) einschließen.*) Man hat die Behälter mit Mikrostylosporen oder Spermatien Spermogonien, die mit Makrostylosporen Pykniden genannt. Es muß aber ausdrücklich bemerkt werden, daß zwischen Spermogonien und Stylosporen keine feste Grenze existirt.

Diese Spermogonien und Pykniden erscheinen dem unbewaffneten Auge als kleine schwarze Punkte, welche den mißfarbenen Fleck gewöhnlich dicht bedecken. Von dergleichen Gebilden rührt die Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter (Septoria mori), die der Erdbeerblätter (Ascochyta fragariae), der Rosenblätter (Actinonema rosae) ꝛc. her.

Doch lassen sich bei einigen Blattfleckenkrankheiten auf den Blattflecken

*) Die Makrostylosporen oder Pykniden sind Vermehrungsorgane, aus denen sich der Pilz zu verjüngen vermag; über die Natur der Spermatien ist man aber durchaus noch nicht im Klaren. Die Keimung derselben gelang entweder gar nicht, oder, wo sie gelang, war es nicht möglich, den betreffenden Pilz wieder daraus zu erzeugen.

auch Perithecien beobachten. Die Pilzgattung Sphaerella, welche fast ausnahmslos Blätter bewohnt, aber ihre Perithecien in der Regel erst bildet, wenn die Blätter dürr geworden und abgefallen sind, entwickelt sie zuweilen noch am lebenden Blatt. Es geschieht dies in der Regel von Sphaerella filicum an der oberen Fläche lebender Wedel vom Engelsuß, männlichen Schild- und Adlerfarn, von Sph. epilobii an der Oberseite lebender Blätter vom Bergweidenröschen, von Sph. longissima an lebenden Blättern von der rauhen Trespe. Die Gattung Stigmatea bringt ihre kleinen schwarzen, halbkugeligen und in dichten Trupps bei einanderstehenden Perithecien fast nur auf noch lebenden Blättern hervor, welche sich an den betreffenden Stellen meist gelb färben, so Stigmatea geranii an den Blättern vom kleinen Storchschnabel (Geranium pusillum), St. subtilis auf den Blättern von dem grauen Fingerkraut (Potentilla cinerea), S. alchemillae auf dem Frauenmantel (Alchemilla vulgaris), S. chaetomium auf den Blättern der Himbeere und Brombeere.

Eine Anzahl Pilze, welche auf den Wurzeln bez. unterirdischen Stengelteilen verschiedener Kulturpflanzen auftritt, indem sie dieselben vollständig überzieht und tötet, gehört ohne Zweifel ebenfalls zu den Kernpilzen, wenn auch bis jetzt noch nicht bei allen die perithecienbildenden Formen aufgefunden worden sind. Man hat dieselben unter dem Gesamtnamen Rhizoctonia d. h. Wurzeltöter zusammengefaßt. Sehr verheerend wirkt auf Luzernefeldern Rhizoctonia violacea. Die betreffenden Pflanzen werden, ohne vorher irgend ein Kränkeln gezeigt zu haben, gelb, welken und sterben ab. Das Übel erscheint an einem Punkte und schreitet von diesem nach allen Seiten weiter fort, so daß in Luzernekulturen große Kahlstellen entstehen. Als nächste Ursache vom Absterben stellt sich eine Verderbnis der Wurzeln heraus; man findet nämlich die Pfahlwurzeln mit allen ihren Verzweigungen von einem feinfaserigen, violetten Pilze überzogen, von dem einzelne Fasern und dickere Faserstränge abgehen und im umliegenden Erdreich verschwinden, um die Wurzeln benachbarter Pflanzen zu ergreifen.*) Der Wurzeltöter wurde ferner aufgefunden an Rotklee, Zwerghollunder, Krapp, Orangenbäumen, ferner an Fenchel, Möhren, Zucker- und Futterrüben. Dieselbe oder eine ähnliche Form richtet auch in den Safranfeldern Südfrankreichs große Verwüstungen an (Rhizoctonia crocorum). Eine andre Form wieder (Rh. solani) erzeugt die Pockenkrankheit der Kartoffeln, indem durch ihre Veranlassung auf der Kartoffelschale anfangs weißliche, später dunkelbraun werdende Pusteln entstehen.

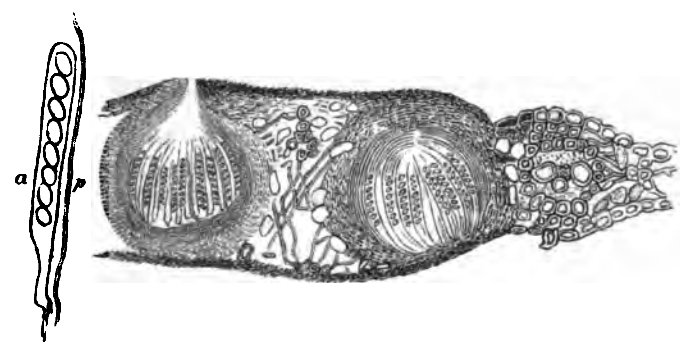
Während die bisher besprochenen Kernpilze ihre Perithecien unmittelbar auf dem Mycelium entwickeln, bilden eine Anzahl anderer zuvor ein größeres gemeinschaftliches Fruchtlager, ein sogenanntes Stroma, das selbst von mannigfaltiger Beschaffenheit sein kann, dem aber auch die Kernfrüchte in mannigfaltiger Weise auf- und einsitzen können.

Hierher gehört die Phyllachora, welche an Blättern verschiedener Art Schorfbildung hervorruft. Der Schorf, der sich als eine in der Substanz des Blattes befindliche und dieselbe wenig überragende schwarze Kruste darstellt, ist nichts Anderes, als das aus den feinsten Pilzfäden gebildete Stroma des

*) Von dem Wurzeltöter der Luzerne glaubt Fuckel auch Pykniden und Perithecien gefunden zu haben und weist infolgedessen dem Pilze mit dem Gattungsnamen Byssothecium eine Stelle unter den Kernpilzen an.

Pilzes, in das die Kernfrüchte mit ihren zahlreichen, von Saftfäden untermischten achtsporigen Sporenschläuchen eingesenkt sind (Figur 163). Auf Gräsern tritt Phyllachora graminis, auf dem Adlerfarn Ph. pteridis, auf der Oberseite der Birkenblätter Ph. betulina auf.

Ein anderes Kernpilzstroma, das von Polystigma rubrum, ist die Ursache von der Rotfleckigkeit der Pflaumenblätter. So lange freilich die Blätter am Baume hängen, finden sich in denselben keine Kernfrüchte, sondern nur Spermogonien, welche in kleinen Schleimtröpfchen massenhaft ihre faden-



Figur 163. Phyllachora graminis. In das Stroma sind 2 Perithecien eingesenkt, in denen die Sporenschläuche nebst den dazwischen befindlichen Saftfäden sichtbar sind; a ein Sporenschlauch und p ein Saftfaden stärker vergrößert (n. Frank).

förmigen, hakiggekrümmten Spermatien ausstoßen. Jene bilden sich vielmehr erst am abgefallenen Laube, nachdem das Stroma braun geworden und die Spermogonien verschwunden sind.

An der obersten Blattscheide verschiedener Gräser: des Knäulgrases (Dactylis glomerata), des Timotheusgrases (Phleum pratense) ꝛc. erzeugt Epichloë typhina ihre gelbbraunen, mantelförmigen Stromata und hindert dadurch die Weiterentwicklung.

Einzelne Holzpflanzen werden ferner häufig von Nektrien geschädigt, die an ihren warzenförmigen, hoch- oder dunkelrot gefärbten Fruchtlagern kenntlich sind. An jungen (bis zu zehnjährigen) Buchenstämmen ruft Nectria ditissima die Rotbuchenfäule hervor; Buchsbaumtriebe vernichtet Nectria Rousseliana etc.

Zu den Stroma bildenden Kernpilzen gehört vor allem auch der Pilz des Mutterkorns (Claviceps purpurea) Taf. I. Figur 11.

Der stumpf drei- oder vierkantig prismatische, gebogene und gefurchte, violettschwarz bereifte, rissige, im Innern aber weißliche Körper, den wir als Mutterkorn bezeichnen und am häufigsten am Roggen, zuweilen aber auch am Weizen und an der Gerste ꝛc. finden, entwickelt sich zur Blütezeit in dem jungen Fruchtknoten. Derselbe wird durch den Pilz bald verdrängt, und an seiner Stelle entsteht ein konidienbildendes Stroma. Alle diese Vorgänge vollziehen sich unter dem Schutze der Spelzen und lassen äußerlich an der Blüte gar nichts Bemerkenswertes erkennen. Bemerklich wird die Gegenwart des Pilzes für den Eingeweihten erst dann, wenn das Stroma, dessen Oberfläche viele gehirnartig gewundene Furchen zeigt und überall

mit konidienabschnürenden Fäden bedeckt ist, die abgeschnürten Konidien unter reichlicher Abscheidung einer süßen, klebrigen Flüssigkeit in großen Tropfen zwischen den Spelzen hervortreten läßt. Es ist dies die Erscheinung, welche der Landwirt schon längst als Honigtau gekannt hat. Dieselbe wurde auch schon länger der Wirkung eines Pilzes zugeschrieben, den man als **Sphacelia segetum** bezeichnete. Nachdem die Konidienabschnürung der **Sphacelia** beendigt ist, bildet sich der oben beschriebene schwarze, hornige Körper aus, das sogenannte „Mutterkorn".*) Dasselbe ist sehr giftig und ruft, wenn es dem Brode beigemengt genossen wird, die Mutterkornkrankheit oder den Ergotismus hervor, der in früheren Zeiten, wo man das Getreide noch nicht so gründlich zu reinigen verstand, nicht selten einen epidemischen Charakter annahm und besonders im südlichen und westlichen Europa ganz bösartig auftrat und Tausende von Menschen hinwegraffte. Zur Erntezeit fällt das reife Mutterkorn aus und gelangt in den Boden. Hier bleibt es den Winter über scheinbar unverändert liegen. Im Frühjahre aber wird seine Oberfläche von hellen, rundlichen Körperchen durchbrochen, die sich nach und nach auf einem ziemlich dicken Stiele erheben und einigermaßen einem kleinen Hutpilze mit rundem Hute gleichen. Der Stiel ist anfangs violettrot, während der Hut erst gelb, dann purpurrot gefärbt ist. Der vermeintliche Hut ist aber nichts Anderes, als ein Fruchtkörper (ein Stroma), der unter kleinen warzigen Höckern noch besondere Sporengehäuse birgt, die in langen Schläuchen je 8 fadenförmige Sporen enthalten. Bei der Reife, die in der Blütezeit des Roggens erfolgt, werden die Sporen aus ihren Schläuchen und zugleich aus den auf jenen Höckern befindlichen Öffnungen hervorgeschnellt und vom Winde neuen Grasblüten zugeführt, in denen sie wieder „Honigtau" und dann das Mutterkorn erzeugen.

Eine andere an den verschiedensten Pflanzen und wiederum an den verschiedensten Pflanzenorganen auftretende Krankheit ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die befallenen Teile in eine schwarze, staubartige Masse auflösen. Man bezeichnet diese Erscheinung als **Brand**. Die staubartige Masse besteht nur aus den Sporen der Pilze, welche die Krankheit hervorrufen. Die Pilze selbst bezeichnet man als Brandpilze (Ustilagineen). In den Pflanzenteilen, in welchen sie zur Entwicklung kommen, bilden sie ein Mycel, welches das Zellgewebe mit alleiniger Ausnahme der festeren Zellhäute nach und nach völlig verdrängt und sich an seine Stelle setzt. An den Fäden dieses Mycels vollzieht sich die Sporenbildung in folgender Weise: sie schwellen an, und ihre Membranen quellen gallertartig auf. Infolgedessen entstehen an den Enden Verdickungen, die anfangs hautlos, also nackt sind und nur aus dichten Protoplasmakugeln bestehen, sich aber bald mit einer neuen und anfangs völlig farblosen Membran umhüllen. An den außerordentlich zahlreichen Mycelzweigen legen sich überall fast gleichzeitig Sporen an, welche infolgedessen geradezu zahllos werden. In diesem Zustande ist die von dem Hautgewebe umschlossene Pilzmasse gallertartig und von weißer Farbe. Da die Sporen aber nach und nach ihre normale Farbe annehmen, wird sie allmählich

*) Das Mutterkorn ist ein Dauermycel oder Sclerotium, welches in einen Ruhezustand eintreten und später weiter vegetieren kann. Früher wurde es als besonderer Pilz angesehen und Sclerotium Clavus genannt.

dunkler. Endlich verschleimen die sporenbildenden Fäden, die Schleimmasse wird mit aufgezehrt, und es bleibt nichts zurück, als ein feiner dunkler Staub, der durch Zerreißen des umschließenden Hautgewebes frei wird und in der Regel bald in alle Winde zerstiebt. Bei einzelnen Brandkrankheiten treten die Mycelfäden durch die Epidermis hervor, breiten sich an der Oberfläche der befallenen Pflanzenteile aus und bilden hier ein Sporenlager. Die Brandpilze Taf. I. Figur 5 werden nach der verschiedenen Beschaffenheit ihrer Sporen bez. nach der Art der Keimung derselben in mehrere Gattungen und nach ihrem Auftreten auf den verschiedenartigsten Pflanzen wieder in Arten geteilt, die natürlich ebensovielen Brandkrankheiten entsprechen.

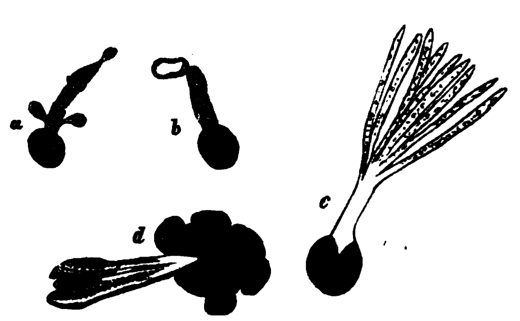
Die Wirkung, welche die Brandpilze in Beziehung auf ihre Nährpflanze geltend machen, ist abhängig von der bestimmten Art des betreffenden Parasiten. In den weitaus meisten Fällen tritt der krankhafte Zustand nur da hervor, wo sich das Sporenlager ausbildet. Bei den Brandpilzen, die ihre Sporenlager in den Blütenteilen und zwar in den Antheren oder Fruchtknoten, ausbilden, beobachtet man an der Nährpflanze bis zum Erscheinen der Blüte kaum eine Spur des in ihr wuchernden Krankheitskeimes; sie sieht ganz normal und gesund aus. Die Teile, in denen sich das Sporenlager ausbildet, werden allein in der oben beschriebenen Weise zerstört. Die Art und Weise, wie diese Zerstörung bei den verschiedenen Brandpilzen in die Erscheinung tritt, ist natürlich nach dem Orte des Auftretens, ob sie in Blüten, oder am Stengel oder an den Blättern stattfindet, verschieden. In einzelnen Fällen, wie z. B. beim Maisbrand, treten vor der Sporenbildung Gewebswucherungen auf, die an den kranken Stellen faustgroße Anschwellungen bilden, welche schließlich ebenfalls vollständig in Brandmasse zerfallen.

Sobald der Zerfall der Brandmasse beginnt, haben auch die Sporen ihre vollständige Reife erlangt und sind keimfähig geworden. Die Keimfähigkeit vermögen sie längere Zeit, mindestens bis zu einem Jahre (meist auch länger) nach ihrer Reife zu bewahren. Prof. Hoffmann fand die Sporen vom gemeinen Flugbrand nach 31 Monaten, die vom Hirsebrand nach 42 Monaten, die vom Mais- und Steinbrand nach 24 Monaten noch keimfähig.

Die Brandkrankheit entsteht allein dadurch, daß der Keimschlauch einer Brandspore in die Nährpflanze eintritt. Dieser Eintritt kann aber nur zu einer bestimmten Zeit und nur an jungen Pflanzen erfolgen; älteren Pflanzen sind infolgedessen keimende Brandsporen unschädlich. Er kann aber ferner auch nur an einer bestimmten Stelle vor sich gehen. Der Keimschlauch der Brandpilze, welche in den Blüten zerstörend wirken, tritt nach den gemachten Beobachtungen in der Regel nur durch das unmittelbar über der Wurzel gelegene erste Stengelglied ein, um dann in dem saftigen Gewebe des später verschwindenden Markes im Stengel aufwärts zu wachsen. Bei den an den Blättern zur Erscheinung kommenden Brandpilzen bohrt er sich in das erste, meist sehr wenig gefärbte, äußerst zartrandige Scheidenblatt ein. Tritt die Keimung nicht an der jungen Nährpflanze selbst ein, erfolgt sie also auf einer anderen Unterlage, in welche der Keimschlauch nicht eindringen kann, so entwickelt er zunächst ein Promycelium, d. h. er treibt senkrecht von der Unterlage einen kürzeren oder längeren ein- oder mehrzelligen Faden, der ziemlich bald sein Längenwachstum einstellt und am Ende oder seitlich farblose Zellen — sogenannte Sporidien — bildet (Figur 164),

die sich in das Plasma des Promycels teilen und ablösen, um, auf eine Nährpflanze übertragen, in dieselbe einzudringen oder auf bloß feuchter Unterlage den Vorgang zu wiederholen, d. h. abermals ein Promycel und an diesem Sporidien zweiter Ordnung zu bilden. Übrigens giebt neben der Sporenform auch die Bildung und Form dieser Sporidien ein gutes Merkmal ab, die einzelnen Gattungen der Brandpilze voneinander zu unterscheiden.

Für das Keimen der Sporen, die Bildung der Promycelien und Sporidien, sowie für das Eindringen der Keimschläuche in die Nährpflanze bildet eine feuchte Unterlage bez. feuchte Luft die Hauptbedingung. Sehen wir doch infolgedessen auch, daß in feuchten Jahren, besonders in Jahren mit feuchten Frühlingsmonaten, Brandkrankheiten an den Pflanzen viel häufiger vorkommen, als in trockenen. Für den Landwirt können dieselben recht schädlich werden, und zwar nicht bloß dadurch, daß sie den Körnerertrag wesentlich schmälern, sondern auch dadurch, daß sie Spreu und Stroh zu einem fürs Vieh gefährlichen Futter machen, da die Sporenmasse ähnliche giftige Wirkungen wie das Mutterkorn äußert. Am meisten sind am Getreide besonders die Brandpilze gefürchtet, deren Sporen nicht schon im Felde verstäubt werden, sondern im Inneren des geschlossenen Kornes so lange verbleiben, bis das Getreide gedroschen wird, weil nun auch die gesunden Körner verunreinigt und die Frucht dadurch schwer verkäuflich gemacht wird.



Figur 164. Keimende Brandsporen: a und b vom Flugbrand (Ustilago carbo); c vom Schmierbrand (Tilletia laevis); d vom Stengelbrand (Urocystis occulta); sämtliche am Promycel Sporidien abschnürend.

Vorbeugunsmittel können sich in Berücksichtigung der Art und Weise der Ansteckung nur gegen die dem Saatgut anhaftenden Sporen richten, da diese mit den Körnern zugleich ausgesät werden und sich somit später in unmittelbarer Nähe der von ihren Keimschläuchen allein angreifbaren Keimpflanze befinden. Am vorteilhaftesten hat sich bisher immer das Einweichen des Saatgutes in eine Auflösung von Kupfervitriol erwiesen, welche die Keimfähigkeit der Sporen vernichtet, ohne den Samenkörnern zu schaden. Gewöhnlich benutzt man für 2—$2^1/_2$ Hektoliter Samen eine Lösung von $^1/_2$ Kilogramm Kupfervitriol in 100 Liter Wasser und läßt darin die Samen ca. 12—15 Stunden weichen.

Bis jetzt hat man auf etwa 300 Nährpflanzen gegen 140 Arten von Brandpilzen aufgefunden.

Je nach den Pflanzenteilen, an denen die Brandpilze auftreten, lassen sich solche unterscheiden, die in den Blüten und solche, die in Blättern und Stengeln bez. an solchen ihre Sporenlager bilden. Von den ersteren zerstört eine Anzahl den Blütenstand und bringt ihn vollständig zum Zerfall. Dahin gehört der Flug- oder Rußbrand (Ustilago carbo) an Weizen, Gerste und Hafer, der Hirsebrand (Ustilago destruens) am Hirse, der Beulen- oder

Maisbrand (Ustilago maydis) am Mais, ferner Ustilago Reiliana am Mohrenhirse und in den männlichen Blütenrispen vom Mais, Ustilago ischaemi am vieljährigen Bartgras (Andropogon ischaemi), Ustilago receptaculorum in den Blütenköpfchen des Wiesenbocksbart (Tragopogon pratensis) und anderer Korbblütler. Andere bilden ihre Sporen innerhalb der geschlossen bleibenden Früchte, ohne am Blütenstande eine besondere Änderung hervorzurufen, wie der Steinbrand (Tilletia caries und Tilletia laevis) am Weizen, Tilletia secalis am Roggen, Tilletia controversa an der Quecke, Ustilago Crameri am Kolbenhirse, Ustilago Tulasnei am Mohrenhirse. Noch andere endlich erfüllen mit ihren Sporen die Antheren: Ustilago antherarum die verschiedener Nelkengewächse, Ustilago flosculorum und Ustilago scabiosae die der Acker-Skabiose (Knautia arvensis), Ustilago Vaillantii die der zweiblättrigen Meerzwiebel (Scilla bifolia) und der Traubenhyazinthe (Muscari racemosum).

In den inneren Geweben der Blätter und Stengelglieder am Roggen tritt der Roggenstengelbrand (Urocystis occulta) auf, in den Blättern des Flut- und des Wasserrispengrases (Glyceria fluitans und spectabilis) Ustilago longissima, in den Halmgliedern des Schilfrohrs Ustilago typhoides, in den Blättern der Gilbsterne (Gagea) Ustilago umbrina, an Blättern und Stengeln vieler Hasenfußgewächse Urocystis anemones, am wohlriechenden Veilchen U. violae, an Blättern und Blattstielen der Bocks-Spierstaude U. filipendulae, an der Herbzeitlose U. colchici, im Stengel und seinen Verzweigungen, sowie im oberen Teile der Wurzel vom Goldampfer (Rumex maritimus) Ustilago Parlatorei.

Endlich entwickeln einzelne Brandpilze ihre Sporen auch an der Oberfläche der befallenen Pflanzenteile. Infolgedessen bedeckt Ustilago hypodytes die Quecke und andere Gräser auf der Oberfläche der Stengelglieder und der Innenseite der dieselben umschließenden Blattscheide mit schwarzer Brandmasse. Auch das Sorosporium saponariae erscheint an der Oberfläche der vom unversehrten Kelche umschlossenen Blütenteile oder der oberen büschelig genäherten Blätter verschiedener Nelkengewächse.

Einige wenige Ustilagineen bilden farblose und weniger zahlreiche Sporen; sie leben an Stengeln und Blättern in begrenzten Stellen und erzeugen anfangs bleiche, später aber gewöhnlich dunkelnde, wenig erhabene Flecke oder schwielenartige Auftreibungen. Hierher gehören die verschiedenen Arten von Entyloma (E. fuscum am Klatschmohn, E. ranunculi an verschiedenen Hahnenfußarten, E. canescens am Vergißmeinnicht, E. calendulae an der Arnika, E. corydalis am Lerchensporn, E. linariae am Leinkraut), ferner Protomyces macrosporus am Geisfuß u. a. Doldengewächsen.

Eine andere vom Brand verschiedene Krankheitsform, der sogenannte Rost, wird durch die Rostpilze (Uredineen) hervorgerufen. Dieselben treten an den Blättern oder an den grünen Stengelteilen der Gräser und anderer Pflanzen zunächst als gelbliche Streifen und Flecken auf, welche sich nach und nach dunkler färben, bis sie endlich aufreißen und orangefarbene oder dunkelbraune Staubhäufchen hervortreten lassen; oder aber sie bilden innig mit der Pflanzensubstanz verschmolzene Krusten. Die Flecke oder Krusten werden von Sporen hervorgerufen, die sich unter der Oberhaut an kurzen Basidien bilden und dieselbe bei ihrer Reife entweder durchbrechen oder auch nach derselben noch

unter ihr sitzen bleiben. In der Regel lassen die Rostpilze mehrere Arten von Fortpflanzungsorganen beobachten, die in bestimmtem Wechsel einander ablösen. Zunächst entstehen zartwandige, einzellige, ei- oder kugelförmige Keimzellen, sogenannte Sommersporen (Taf. I. 6a), die sofort wieder keimen und den Pilz weiterverbreiten, indem ihre Schläuche in das Gewebe der Blätter und Stengel anderer Nährpflanzen derselben Art eindringen, während im Spätsommer, bez. im Herbste aus demselben Mycel zwei- oder mehrzellige (zuweilen auch einzellige), dickwandige und dunklere Wintersporen hervorgehen, die erst im kommenden Frühjahre zur Keimung resp. Weiterentwicklung gelangen. Auf der Fähigkeit der Sommersporen, sofort wieder neue Mycelien zu entwickeln und neue Sporenlager zu bilden, beruht hauptsächlich die Schädlichkeit dieser Pilze, da ihre Keime bei günstigen Witterungsverhältnissen sich binnen kurzem über weite Bodenflächen verbreiten können. Die Wintersporen senden im Frühjahre ihre Keimschläuche nicht sofort wieder in das Pflanzengewebe; es schnüren sich vielmehr an ihnen ähnlich wie an den Brandsporenschläuchen Sporidien ab, die vom Winde verbreitet werden. Auf eine geeignete Nährpflanze gelangt, durchbohren dieselben sofort die Oberhaut des Blattes, um in derselben zu einem Mycelium heranzuwachsen, welches nun ein Fruchtlager von ganz anderer Beschaffenheit, als das vorjährige hervorbringt. Dasselbe besteht aus vielen nebeneinander stehenden, mehr oder weniger langen Sporenketten, die von einer Art Gehäuse umgeben werden, welches von einer einfachen Zellschicht gebildet wird und sich später durch Auseinandertreten der am Scheitel befindlichen Zellen becherförmig öffnet. Man bezeichnet dieses Gehäuse als Aecidium. Tafel I. Figur 6c. Zwischen diesen Sporenbehältern oder Äcidien, die meist auf der Blattunterseite erscheinen, bringen diese Pilze auf der Blattoberseite, aber in dieselbe eingesenkt, noch eine zweite Art von Gehäusen hervor, welche eine krugförmige Gestalt und auf dem Scheitel eine von pfriemenförmig hervorragenden Fäden eingefaßte Mündung haben. Figur 6d. Es sind dies die Spermogonien. Dieselben erzeugen auf zarten Fäden, welche ihre Höhlung nahezu ausfüllen, kleine Zellchen, die sich leicht ablösen und dann unter dem Einflusse der Feuchtigkeit, von einer gallertartigen Masse eingehüllt, aus der Mündung hervorquellen. Die Bedeutung dieser kleinen, Spermatien genannten Zellen ist bis jetzt unerforschlich geblieben und eine Weiterentwicklung an ihnen nicht beobachtet worden. Die Sporen des Äcidiums sind vom Augenblicke der Trennung an keimfähig und treiben gekrümmte Schläuche aus, welche wie die Sommersporen durch die Spaltöffnungen in die Nährpflanze eindringen und rasch zu einem Mycelium heranwachsen, das nach kurzer Zeit wieder die Sommersporen der ersten Generation hervorbringt.

Einige Rostpilze entwickeln beide Generationen auf einer und derselben Nährpflanze, andre verteilen dieselben auf verschiedene Pflanzen, welche sehr oft wieder ganz verschiedenen Familien angehören. Früher hat man nicht bloß jede der beiden Generationen als selbständige Pilze angesehen, sondern auch die Sommer- und Wintersporen der ersten Generation für voneinander verschiedene, selbständige Pilzarten gehalten.

Am bekanntesten von allen Rostpilzen ist wohl der Grasrost (Puccinia graminis) Tafel I. Figur 6 a, b, der außer vielen wildwachsenden Gräsern

besonders Hafer und Gerste heimsucht und an den Halmen und Blättern derselben rotbraune, bez. schwarze Flecke erzeugt. Die zuerst erscheinenden rotbraunen Flecke bestehen aus den sofort verstäubenden und ohne Ruhepause sofort wieder keimenden Sommersporen, während die später auftretenden dunkeln Flecke nur aus Wintersporen zusammengesetzt sind. Niemals kommen die Wintersporen des Grasrostes an Grashalmen selbst wieder zur Entwicklung; sie bilden ihre zweite Generation vielmehr nur auf den Blättern des Sauerdorns oder der Berberitze. Durch die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen dem Berberitzenrost und Grasrost, welche wir Prof. de Bary zu verdanken haben, hat übrigens der schon seit Jahrhunderten unter den Landwirten verbreitete Glaube, daß in der Nähe von Getreidefeldern befindliche Berberitzensträucher am Getreide den Rost hervorrufen, eine wissenschaftliche Begründung erhalten. Besonders schädlich wird der Weizenrost (Puccinia straminis), wenn er bei Witterungsverhältnissen, die seine Entwicklung besonders begünstigen, von den Blättern des Weizens auf die Spelzen der Ähren übergeht und die Wintersporen dann nicht bloß den unteren Teil der Innenseite von den Spelzen, sondern sogar den Fruchtknoten ergreifen, so daß dieser ganz und gar verkümmern muß. Der Weizenrost bildet seine zweite Generation — sein Äcidium — auf mancherlei Ackerunkräutern wie Lycopsis arvensis, Echium vulgare u. s. w. Am Hafer tritt ferner in manchen Gegenden der Kronenrost (Puccinia coronata) häufig auf, der durch sehr kleine Sommersporen und sehr dickwandige, mit zierlichen Fortsätzen versehene Wintersporen charakterisiert ist, die auf dem Faulbaum (Rhamnus cathartica) ihr Äcidium hervorbringen.

Die erwähnten drei Rostarten verursachen unbedeutenden Schaden, wenn ihre Verbreitung nur in mäßigem Grade stattfindet, können aber bei rascher Vermehrung bez. Entwicklung eine vollkommene Unfruchtbarkeit der befallenen Pflanzen herbeiführen und den Ertrag unserer Cerealien auf Null reduzieren. Die Stärkebildung hindern sie auf alle Fälle, und Körner von reichlich mit Rost behafteten Halmen geben, obwohl sie eine ganz normale Größe erreicht haben, beim Mahlen nur Kleie. Die Anwendung einer Beize, um die Samen zu desinfizieren, ist für die Vertilgung der Rostpilze von keiner Wirkung. Dagegen empfiehlt es sich, die Saatstellen, an denen Sommersporenlager bemerklich werden, abzumähen, und die Pflanzen, welche die zweite Generation des Pilzes hervorbringen, also Berberitze, Ochsenzunge, Natternkopf u. s. w. möglichst zu vernichten. Im Altertume scheinen die Rostkrankheiten der Cerealien weit mehr verbreitet und viel mehr gefürchtet gewesen zu sein, da mit ihnen die Gottheiten Robigus und Robigo in Beziehung standen, denen Numa, um sie zu versöhnen und dadurch die Krankheit abzuwenden, besondere Feste — die Robigalien — stiftete.

Rostpilze bemerken wir aber auch an sehr vielen anderen Nutzpflanzen. Wir finden sie an den Blättern der Pflaumenbäume (Puccinia prunorum), an Stengeln und Blättern des Spargels (P. asparagi), am Schnittlauch (P. mixta), an verschiedenen unserer Nelkenarten (P. lychnidearum), aber ohne daß sie hier besonderen Schaden anrichten. Dagegen soll in den Sonnenrosenkulturen des südlichen Rußlands der Sonnenrosenrost (P. helianthi) sehr verderblich werden, und in England mögen die Sellerieanpflanzungen durch den Sellerierost (P. apii) mitunter bedeutend zu leiden haben. Im Spätsommer beobachten wir ferner auch an unseren Bohnen, Erbsen, Futter-

wicken und Linsen Rostarten, deren Wintersporen aber nicht wie bei den Puccinien zweizellig, sondern nur einzellig sind, und die deshalb in einer besonderen Gattung, der Gattung Uromyces, vereinigt werden. Wir finden nämlich an Bohnen Uromyces phaseolorum, an Erbsen U. pisi, an Saubohnen U. fabae, an Futterwicken und Linsen U. viciae, doch ebenfalls ohne eine besonders schädliche Einwirkung von ihrer Seite wahrzunehmen. Dagegen hat Uromyces betae den Rübenbau seit einigen Jahren in manchen Gegenden ungemein beeinträchtigt. Eine dritte Gattung Rostpilze (Phragmidium) tritt an den Blättern der Rosen, Brombeeren, Himbeeren, Erdbeeren u. s. w. auf und zeichnet sich durch Wintersporen aus, die von drei bis elf in einer Reihe übereinander stehender Zellen gebildet werden. Zu den Rostpilzen gehört ferner auch der zierliche Gitterrost (Gymnosporangium fuscum), der in seiner ersten Generation an den Zweigen des giftigen Sadebaums schmarotzt und hier auf langen Stielen der Puccinia ähnliche zweizellige Sporen hervorbringt, während die zweite unseren Birnbaum befällt und an den Blättern Spermogonien und Äcidiumfrüchte erzeugt, aber nur dann eigentlich schädlich wird, wenn die letzteren nicht bloß an den Blättern, sondern auch an den jungen Fruchtansätzen zur Entwicklung gelangen. Wieder ein anderer Rostpilz, Chrysomyxa abietis, lebt auf jungen Fichtennadeln. Im ersten Sommer zeigt er sich hier als lichtgelbes Querband, während im darauffolgenden Frühjahre sein Sporenlager als rotgelbes Pulver die Oberhaut durchbricht. Auch er bringt nur bei übermäßigem Auftreten seiner Nährpflanze merkbaren Nachteil. Dasselbe läßt sich vom Hautbrand (Peridermium elatinum) weniger behaupten, da dieser durch seine Wucherung an Fichten Krebsgeschwülste und Hexenbesen erzeugt, infolge deren der Stamm nicht bloß verunstaltet, sondern auch leicht vom Winde abgebrochen wird. Ähnlich verhält sich Peridermium pini auf Kiefern; es führt eine allmähliche Verkienung des Holzes und ein Aufhören des Dickenwachstums herbei. Beide Pilze wuchern im Rindenparenchym jüngerer Stammteile; doch findet sich ersterer auch auf Nadeln.

Von den Hymenomyceten d. h. den höchststehenden Pilzen, die ihre Sporen an der Spitze von kürzeren oder längeren Zellen (sogenannten Basidien) abschnüren, welche senkrecht auf dem Sporenlager stehen, ist besonders die einfachste Gattung Exobasidium durch ihren Parasitismus ausgezeichnet. Das Mycelium des Pilzes breitet sich im Parenchym der befallenen Pflanzenteile aus, die infolgedessen gallenähnliche Mißbildungen zeigen. Exobasidium vaccinii verursacht auf den Blättern der Heidel- und Preißelsbeere fleischige, weiße, Exobasidium rhododendri auf denen der Alpenrose ähnliche rotwangige Auswüchse. Aber auch von den größeren Schwämmen verhalten sich viele parasitisch. Sie befallen lebende Teile eines Baumes, entwickeln sich und breiten sich in diesen allmählich aus, machen den befallenen Teil dadurch krank und bringen ihn schließlich zum Absterben. Ich nenne von ihnen nur den übrigens eßbaren Hallimasch (Agaricus melleus), der den verschiedensten Nadelhölzern verderblich wird, indem seine weitverzweigten braunen Mycelstränge ihre Wurzeln umklammern, in dieselben eindringen und sie zum Absterben bringen, wodurch natürlich der ganze Baum zum Absterben kommt. Die Krankheit ist unter dem Namen Erdkrebs den Forstleuten wohl bekannt. Ferner gehört hierher Trametes radiciperda, welche an Kiefern und Fichten

eine Zersetzungserscheinung herbeiführt, die man bisher als Rotfäule bezeichnete.

Pflanzenteile saftiger Art verfallen, sobald sie von der zugehörigen, in Vegetation befindlichen Pflanze abgelöst werden, sehr bald der Fäulnis. Dieselbe wird in der Regel durch saprophytische Pilze bewirkt. Im Gewächshause beobachtet man an allen abgelösten krautigen Pflanzenteilen sehr bald den dichten grauen Filz von Botrytis cinerea; an trockenen Pflanzenteilen erscheint in kürzester Zeit Aspergillus glaucus etc. An ähnlicher Stelle treten die verschiedenen Arten von Cladosporium, Macrosporium, Sporidesmium etc. auf. Auch die Fäulnis der Früchte wird durch saprophytische Pilze bewirkt. Vor allen beteiligen sich daran Torula fructigena, Penicillium glaucum und Mucor stolonifer. Während die Keime dieser Pilze die unverletzte Fruchtschale nicht zu durchdringen vermögen, siedeln sie sich aber an der geringsten Verletzung sofort an, um von hier aus nach innen vorzudringen. Stets findet man, daß, so weit das Pilzmycel ausgebreitet, so weit die Fäulnis vorgeschritten ist, und umgekehrt, daß, so weit die Frucht faul ist, soweit auch Pilzmycel nachgewiesen werden kann. Faulen Kernobstfrüchte von innen heraus, so sind die Pilzkeime durch die sogenannte Blüte (den ehemaligen Kelch) in das Innere der Frucht eingedrungen. Will man Obstfrüchte recht lange aufbewahren, so muß man die Blüte mit Wachs verstopfen und jede Frucht einzeln einwickeln, um Beschädigungen der Schale vorzubeugen.

Von den Phanerogamen führen im ganzen nur verhältnismäßig wenige Pflanzen eine schmarotzende Lebensweise, und von diesen wenigen wird nur eine kleine Zahl wirklich gefürchtet.

Zu den letzteren gehören die Seidengewächse (Cuscuteen), besonders Flachs- und Kleeseide (Cuscuta epilinum und epithymum), welche ihren Nährpflanzen nicht nur dadurch schädlich werden, daß sie ihnen Nahrung aussaugen, sondern daß sie dieselben durch ihre Umschlingungen geradezu niederdrücken und erwürgen. In weit schwächerem Grade und nur allein durch ihre aussaugende Thätigkeit gefährden die Orobanchen ihre Ernährer, z. B. Orobanche rubens die Luzernekulturen.

Während die obengenannten Schmarotzer chlorophyllos sind und alles, was sie zu ihrer Ernährung brauchen, der Nährpflanze entziehen, giebt es unter den Phanerogamen auch grüne Schmarotzer, von denen besonders die auf den Ästen der Holzgewächse lebenden Loranthaceen eine größere Bedeutung beanspruchen. In Deutschland giebt es nur eine Loranthacee, die Mistel (Viscum album), welche aber ziemlich verbreitet ist. Sie bewohnt die verschiedenartigsten Bäume, Laub- und Nadelhölzer, und erzeugt an den Astﬆellen, wo sie entspringt, krebsartige Krankheiten (S. Seite 274 ff.).

5. Tierische Schmarotzer.

Endlich bleiben uns noch die Pflanzenkrankheiten übrig, welche durch Tiere hervorgebracht werden.

Von den wirklichen Krankheiten sind dabei die mechanischen Verletzungen auszuschließen, welche Tiere den Pflanzen beibringen, um ihren Hunger zu

stillen. Wenn z. B. die Kohlraupen das Krautfeld kahlfressen oder die Maikäfer den jungen Maiwuchs an den Bäumen vertilgen; wenn die Engerlinge und Drahtwürmer auf Wiesen und Äckern durch Abnagen der Pflanzenwurzeln kahle Stellen hervorrufen, oder die Erdraupen nach der Aussaat das Herz der jungen Keimpflanzen zerstören: so ist von Krankheiten in unserem Sinne nicht die Rede; es sind dies eben bloß mehr oder weniger gefährliche Verwundungen. Wir meinen hier nur die Erkrankungsformen, bei denen die befallenen Teile als solche erhalten bleiben, aber Veränderungen erfahren, die sich beim Vergleiche mit anderen gesunden Pflanzenteilen deutlich als abnorme, krankhafte (pathologische) kennzeichnen.

Die betreffenden Erkrankungsformen können nun entweder solche sein, bei denen der Zellinhalt des befallenen Teils allmählich aufgezehrt wird und der betreffende Teil infolgedessen zunächst vergilbt, sich dann bräunt und schließlich abstirbt; oder aber sie können in abnormen Neubildungen bestehen, auf oder in denen der Schmarotzer seinen Aufenthalt nimmt. Man bezeichnet diese letzteren Bildungsabweichungen in der Regel als Cecidien. Vielleicht könnte man dafür auch das Wort „Gallen" anwenden, den Begriff natürlich im weitesten Sinne genommen.

Die ersteren Erkrankungformen führen eine Anzahl Insekten herbei, welche ihre feinen Rüssel in das Blatt- bez. Rindengewebe einsenken und es aussaugen. Am gefürchtetsten ist nach dieser Beziehung hin die rote Spinne (Tetranychus telarius), ein kleines, nur 0,25 mm. langes, ovales, rotes, achtbeiniges Tierchen, das unter dem Schutze eines feinen Gespinnstes während des Sommers auf der Unterseite der Blätter von vielen unserer Kulturpflanzen saugt, die ergriffenen Blätter zum Absterben bringt und beim Vordringen bis zu den jüngsten Blättern das Eingehen des ganzen Triebes verursacht. Bei zahlreicherem Vorkommen in den Kulturen verrät sie sich bald durch das Gelbwerden der Pflanzen.

Bloß aussaugend bez. auszehrend wirken ferner verschiedene Blattläuse. Während jüngere Pflanzenteile, sobald sie ihnen in Masse ansitzen, völlig erstickt werden, erscheinen an älteren nur mehr oder weniger ausgebreitete gelbe Flecke. Gar nicht selten bedecken die Blattläuse den befallenen Pflanzenteil schließlich mit einem weißen, mehlartigen Überzuge — einem Pseudo-Mehltau —, der bei genaueren Untersuchungen ganz allein aus den bei der Häutung abgestreiften leeren Bälgen besteht; oder sie überziehen ihn auch mit dem süßen, klebrigen Ausscheidungsprodukte ihrer Honigröhren und verursachen dadurch Honigtau.*)

Hier sind ferner die Schildläuse aufzuführen, die nicht selten zu Tausenden an den jüngeren Zweigen oder an den harten lederartigen Blättern immergrüner Pflanzen sitzen, den Rüssel tief ins Zellgewebe eingesenkt, dabei die Eier unter sich legend und auf ihnen sterbend. Reich mit Schildläusen besetzte Blätter oder Zweige siechen stets.

In gleicher Weise werden zuweilen aber auch kleine Würmer schädlich, die den Wurzeln mancher Pflanzen ansitzen, so z. B. die Rüben-Nematoden den Runkelrüben.

Ungleich häufiger als durch ihren zehrenden Einfluß werden viele Tiere

*) Der Honigtau kann aber auch durch andere Ursachen entstehen. Vergl. S. 289.

dadurch zu Krankheitsursachen, daß sie Anlaß zur Bildung von Gewebswucherungen (Cecidien oder Gallen im weitesten Sinne) geben. Dieselben sind bezüglich ihrer Form oft von einer ganz außerordentlichen Mannigfaltigkeit. Dabei zeichnen sich nahe verwandte Tiere nicht etwa durch gleichartige Bildung derselben aus; im Gegenteil bringen dergleichen nicht selten solche von der größten gestaltlichen Verschiedenheit hervor. Aber auch die Verschiedenheit der Nährpflanzen bedingt nicht die Verschiedenheit der Gallen. Kommt es doch vor, daß auf einer Pflanze mehrere verschiedenartige Gallen auftreten. Auf Lindenblättern finden sich beispielsweise vier voneinander verschiedene Gallen, die sämtlich durch einander sehr nahestehende Gallmilben erzeugt werden.

Wir klassifizieren mit Frank die Cecidien *) nach ihren gestaltlichen Merkmalen.

I. Eine große Anzahl Zoocecidien besteht in nichts Anderem, als in abnormen Haarbildungen. Dieselben finden sich ausnahmslos an Blättern und stellen dichte, filzartige Haarflecke von lebhafter Färbung dar. Entweder werden diese Haarflecke von dichtstehenden zylindrischen oder weniger dichtstehenden, aber am oberen Ende kopfförmig verdickten Haaren gebildet. In beiden Fällen geben sie vorzügliche Verstecke für die Gallmilben (der Gattung Phytoptus zugehörig) ab, welche sie hervorrufen. Früher hielt man dergleichen Bildungen für Pilze, und Persoon faßte sie unter der Gattung Erineum **) zusammen. Im Frühjahre entstehen sie unmittelbar nach dem Ausschlagen an den jungen Blättern. Bald beschränkt sich die Haarbildung bloß auf eine Blattseite, bald tritt sie auf beiden auf. Im letzteren Falle beginnt sie auch nur auf einer Seite, der sie bewirkende Reiz wird aber durch das Blattgewebe hindurch nach der andern Seite geleitet und regt hier zu gleichen Bildungen an. Zuweilen zeigt das Blatt außer der Haarbildung keine weitere Veränderung; zuweilen läßt sich aber auch ein vermehrtes Flächenwachstum wahrnehmen, infolgedessen die Stelle, worauf der Haarfilz steht, vertieft bez. blasig ausgesackt wird. (Figur 165 a, b.)

Die schädliche Wirkung dieser Haargallen beruht darauf, daß die mißgebildeten, fast chlorophyllfreien Blattstellen, von denen sie getragen werden, nicht zu assimilieren vermögen. An der Linde sehen sie anfangs weiß und werden dann rosenrot; an der Wallnuß sind sie ähnlich gefärbt, stehen aber in Vertiefungen; an der Erle sehen sie gelblich bis bräunlich und sind krümlich. Die in Vertiefungen stehenden Haarfilze bilden den Übergang zur nächsten Form.

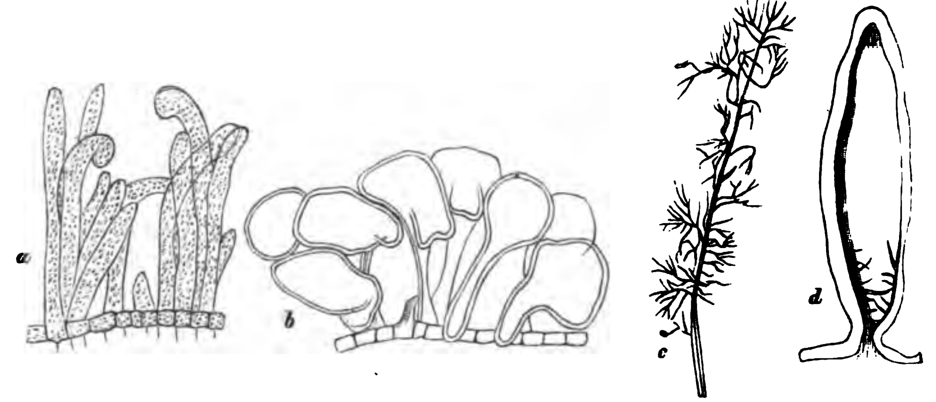
II. In einem zweiten Falle stellen die Zoocecidien Faltungen bez. Rollungen der Blattfläche dar, in denen das gallenerzeugende Tier lebt, welches entweder zu den Pflanzenläusen oder zu den Gallmücken gehört. Die ersteren sind in solchen Falten oft in sehr großer Zahl vorhanden und zeigen dann gewöhnlich alle möglichen Entwicklungsstufen. Mit ihnen finden wir in der Regel die zahlreichen, in weißen Puder gehüllten Tropfen einer von ihnen ausgeschiedenen zuckerhaltigen Flüssigkeit darin.

*) Da die Cecidien durch Tiere hervorgerufen werden, nennt man die hier in Rede stehenden auch Zoocecidien, im Gegensatz zu den durch Pilze hervorgerufenen Gewebswucherungen, den Mycocecidien.

**) Man nennt infolgedessen noch heute dergleichen Haarbildungen Erineum-Bildungen.

Die von den Gallmücken erzeugten Gallen bergen stets eine Anzahl Maden. Zuweilen verpuppen sich dieselben noch in der Galle, zuweilen gehen sie aber auch später zu diesem Zwecke in die Erde. Die betreffenden Falten oder Rollen entstehen entweder an den eben erst aus der Knospe getretenen oder an den nahezu entwickelten Blättern; oft entsprechen sie der Faltung bez. Rollung, die das Blatt in der Knospe zeigt, oft ist dies aber auch nicht der Fall. Besonders werden an ziemlich ausgewachsenen Blättern durch Blattläuse Krümmungen, Rollungen, Auftreibungen der verschiedensten Art hervorgerufen, die nicht in der entferntesten Beziehung zur Knospenlage stehen.

Da die Schmarotzer ausnahmslos in den von Rollen und Falten gebildeten Hohlräumen leben, besteht die Gallenbildung hier darin, daß die dem Sitz des Schmarotzers entgegengesetzte Seite ein stärkeres Wachstum als die berührte erleidet. Zuweilen findet dieses Flächenwachstum ohne gleichzeitiges Dickenwachstum statt. Es ist dies der Fall bei vielen Blattlausgallen, so z. B. bei den an Johannisbeerblättern nach oben ausgestülpten Höckern und Buckeln, die in der Regel vollständig mit Läusen erfüllt sind; bei den Blattrollen, welche die Haferblattlaus (Aphis avenae) an Hafer, Gerste und Weizen erzeugt u. s. w. Oft ist mit der Rollung bez. Faltung aber auch eine Verdickung des betreffenden Teils verbunden, der infolgedessen eine festere fleischige oder knorpelige Beschaffenheit angenommen hat. Hierher gehören die durch Milbengallen an Lindenblättern erzeugten Randknoten bez. Randwülste, ferner die von ähnlichen Schmarotzern veranlaßten und durch die dichte und schön purpurrote Behaarung auffallenden Mißbildungen der Gipfeltriebe des Gilbweiderichs (Lysimachia vulgaris), ferner die dicken, bleichen, rotbäckigen Blattrollen am ortswechselnden Knöterich (Polygonum amphibium).



Figur 165. a und b Erineum-Bildungen: a von der Linde, b von der Birke; c Blatt von dem gemeinen Bibernell (Pimpinella saxifraga), durch Gallmilben (Phytoptus) verunstaltet; d Beutelgalle auf dem Blatte von der Traubenkirsche (Prunus padus), ebenfalls durch eine Gallmilbe hervorgerufen.

III. Einige Arten Gallmilben (Phytoptus) vermögen die Blätter so umzugestalten, daß sie beinahe alle Ähnlichkeit mit den normalen verlieren. Es geschieht dies entweder durch Zusammenziehung oder tiefere Zerteilung

der Blattmasse. Mit dieser Mißbildung kann in gleicher Weise wie mit der vorigen abnorme Haarbildung verbunden sein. So stellen z. B. an den Blättern der von Phytoptus befallenen Taubenskabiose (Scabiosa columbaria) die Fiederblättchen cylindrische, wurmförmige oder in Schlangenwindungen sich umrankende und mit höckerförmigen Auswüchsen besetzte Gebilde dar, welche ebensowohl wie der gemeinschaftliche Blattstiel, dem sie ansitzen, weißwollig behaart sind. Ähnliches läßt sich oft an der kleinen Biebernelle (Pimpinella saxifraga) beobachten, welche bei stärkster Mißbildung an der Blattspindel weiter nichts als moosartige, verworrene Massen zeigt, deren Fäden nur hier und da knotige Verdickungen erkennen lassen.

IV. Tritt infolge des von einer saugenden Milbe oder Pflanzenlaus ausgeübten Reizes an der ganz engbegrenzten Stelle eines Blattes ein abnorm gesteigertes Wachstum ein, so muß sich dieselbe ausstülpen und weit über die Umgebung erheben. Ganz wie bei der Rollung oder Faltung erfolgt hier das Wachstum nur auf der der Berührung entgegengesetzten Seite. Die auf diese Weise entstandenen Gebilde erscheinen bald nur als kleine Buckel, bald als größere Blasen, bald als scharf abgegrenzte Beutel. Wir fassen sie unter dem Namen von Beutelgallen zusammen. Sehr häufig finden sie sich an den Blättern der Linde, der Traubenkirsche, des Feldahorn u. a., und zwar werden sie hier durch Gallmilben hervorgerufen. Gewöhnlich entstehen sie schon an den jungen Blättern, kurze Zeit nachdem dieselben die Knospe verlassen haben. Von den beutelartigen Milbengallen lassen sich zwei Arten unterscheiden: solche ohne Mündungswall und solche mit Mündungswall. Im ersten Falle liegt der Eingang in der Ebene der Blattunterseite, im zweiten ist die Blattmasse von den Rändern des Galleneingangs aus wie eine Überwallung über diesen emporgewachsen.

Zu den Pflanzenläusen, welche Beutelgallen erzeugen, gehört die Rüsterngallenlaus (Tetraneura ulmi). Von ihr stammen die auf der Oberseite der Rüsternblätter stehenden bohnengroßen, dunkelrot gefärbten Gallen von ei- bis keulenförmiger, meist ein wenig gekrümmter Gestalt; ferner: Tetraneura lanuginosa, die ebenfalls auf Ulmen die großen, bis 5 cm. hohen, sammethaarigen, blassen oder rötlichen Beutelgallen hervorruft. Die großen länglichen, rotgefärbten Blasen mit dem spalten- oder lippenförmigen Eingange auf der Blattunterseite unserer Straßen- und Schwarzpappeln kommen dem Pemphigus bursarius, die korkzieherartigen oder lockenförmig gewundenen Verdickungen der Pappelblattstiele dem Pemphigus affinis zu. Die Pflanzenläuse vermehren sich in den Gallen und verlassen sie erst dann, wenn nach mehreren Generationen die Nachkommen Flügel bekommen haben.

Zu den Beutelgallen gehören auch die von der Reblaus (Phylloxera vastatrix) an den Blättern des Weinstocks erzeugten Gallen (Siehe Seite 323).

V. Oft wirken Insekten auch reizend auf die im Knospenzustande befindlichen Sprosse und regen sie zu vorzeitiger abnormer Entwicklung an; es entstehen dann Knospenanschwellungen bez. Mißbildungen der Triebspitze. Die Sproßachse streckt sich in diesem Falle aber nicht, sondern verdickt sich bloß und entwickelt eine größere Zahl dicht hintereinander stehender schuppenartiger und oft mit reicher Haarbildung versehener Blätter, so daß die Knospe schließlich einen dichten Blätterschopf, eine Art Blätterrose darstellt. Die die Miß-

bildung veranlassenden Gallmücken, Pflanzenläuse oder Fliegenlarven leben dann zwischen den eng hintereinander stehenden Schuppenblättern.

Hierher gehören die Knospenmißbildungen, die wir zuweilen am Haselstrauch finden, die weißwolligen Köpfe am Feldkümmel (Thymus serpyllum), die Blätterquasten an den Haupttrieben der Glanzbinse (Juncus lamprocarpus), die Blätterrosen an vielen Weidenarten, die faustgroßen, blumenkohlähnlichen Auswüchse an den Zweigen der Trauerweide (Salix babylonica), ferner die Ananasgallen — bleiche ananasförmige Knöpfe, durch starke schwammige Auftreibung aller Blütenstiele einer jungen Traube oder aller Blattbasen einer Triebspitze entstanden —, wie sie von verschiedenen Arten der Brunnenkresse und besonders von Fichtenzweigen bekannt sind. Am Haselstrauch und der Trauerweide sind Gallmilben (Phytoptus-Arten), an der Weide und der Brunnenkresse Gallmücken (Cecidomyia), an der Glanzbinse der Binsen-Blattfloh (Livia juncorum), an der Fichte die gemeine Tannenlaus (Chermes abietis) die Erzeuger.

VI. Auch an Stengeln und Wurzeln werden von äußerlich lebenden Schmarotzern Anschwellungen hervorgerufen, die auf Gewebewucherungen beruhen. Es geschieht dies vorzugsweise von verschiedenen Pflanzenläusen.

Die bekannteste von diesen Gallen ist der **Krebs der Apfelbäume**. Ihn veranlaßt die vom Baumschulenbesitzer im höchsten Grade gefürchtete Blutlaus (Schizoneura lanigera).

Gewöhnlich bedeckt dieselbe in Form von weißen klumpigen Flocken jüngere Stämmchen oder jüngere Zweige an älteren Stämmen oder aber auch Rindenwunden am älteren Holze vom Apfelbaume. An den betreffenden Orten, wo nur eine dünne Korkschicht das saftige Gewebe bekleidet, saugen diese Schmarotzer entweder die unversehrte Rinde oder die Überwallungsränder von zufällig entstandenen Wunden. Die Folge davon ist eine abnorme Thätigkeit des Kambiums, durch welche aber kein normales Holz, sondern nur ein weiches, schwammiges, wenig oder gar nicht verholzendes Gewebe gebildet wird, das eben die beulenförmigen Anschwellungen ausmacht. Holz und Bast verändern sich dabei nicht merklich. Die Geschwülste wachsen, so lange die Blutläuse äußerlich saugen; schließlich reißen sie aber an verschiedenen Stellen auf, und zwischen den alten treten neue Wülste hervor. So zerklüftet sich die Beule immer mehr und mehr, während sie am Rande fortwährend weiter greift und nach und nach zu einem vollkommenen Krebsgeschwür wird. Die Krebswunden sind deswegen besonders schädlich, weil bei ihnen eine Verheilung gar nicht eintreten kann, wenigstens so lange sich Läuse in denselben finden. Sicher muß früher oder später Wundfäule Platz greifen und den Stamm dem Tode entgegenführen.

Noch gefürchteter als die Thätigkeit der Blutlaus am Apfelbaume ist die Thätigkeit der Reblaus (Phylloxera vastatrix) am Weinstocke. Bereits seit 1865 verheert das Insekt die prachtvollen Rebgärten Frankreichs und hat bereits in manchen Gegenden den Weinbau fast vollständig vernichtet. Nur erst in den letzten Jahren ist es gelungen, ihr wenigstens mit einigem Erfolge entgegenzutreten. Die Phylloxera ruft das Kränkeln und später den Tod der befallenen Stöcke dadurch hervor, daß sie Gallenbildungen (Nodositäten) an den Wurzeln erzeugt, infolge deren die Wurzeln im Herbste absterben. Hat die Pflanze schließlich alle Wurzeln verloren,

so muß der Stock unter Austrocknen zu Grunde gehen. Vorher aber ist er schon von den Läusen verlassen worden, welche auf die Wurzeln des nächststehenden auswanderten. Von der Lebensgeschichte dieses Schädlings weiß man etwa Folgendes: Die Überwinterung erfolgt in der Regel durch ungeflügelte, noch nicht vollwüchsige Rebläuse, welche in den Spalten etwa fingerdicker Rebwurzeln Schutz vor der Winterkälte fanden. Nach ihrem Erwachen, das von der Bodenwärme abhängt, häuten sie sich und suchen die feinen Faserwurzeln auf, an denen sie saugend in kurzem ihre volle Größe erreichen, um sich nun viele Generationen hindurch ungeschlechtlich fortzupflanzen. Eine jede legt 30—40 Eier, denen nach kaum acht Tagen Junge entschlüpfen, welche nach etwa 20 Tagen die gleiche Eierzahl absetzen. In den letzten Bruten, welche die Wurzelläuse im Sommer hervorbringen, treten vereinzelte Läuse mit etwas verändertem Aussehen auf; es sind dies die Nymphen oder Puppen mit Flügelstümpfen, welche die Erde verlassen und nach mehreren Häutungen zu geflügelten Läusen werden, die sich in der Luft weiter verbreiten. Diese geflügelten Läuse setzen an die oberirdischen Teile des Weinstocks zweierlei Eier ab: größere und kleinere. Aus den ersteren werden Weibchen, aus den letzteren Männchen. Nach der Begattung legt jedes Weibchen in die Rindenrisse des Weinstockes ein einziges großes Winterei, aus dem im nächsten Frühjahr eine Laus hervorgeht, wie wir sie anfangs an den Wurzeln kennen gelernt haben. Zunächst leben die im Frühlinge aus den Wintereiern hervorgehenden Läuse an den Blättern, sehr bald aber wenden sie sich den Wurzeln zu und werden hier wieder durch die Wurzelgallen verderblich. An den Blättern rufen sie zuweilen auch Gallen hervor. Dergleichen fand man bisher in Frankreich aber nur vereinzelt, häufiger dagegen in Amerika. Dieselben schließen eine flügellose Reblaus samt einer Brut von Eiern oder Jungen ein.

An verschiedenen Getreidegräsern bringen auch Fliegenlarven, welche zwischen dem Halmgliede und der Blattscheide leben, Anschwellungen (Gallen) hervor und werden dadurch mitunter ebenfalls sehr schädlich, so besonders die berüchtigte Hessenfliege (Cecidomyia destructor) am Weizen und Roggen.

Endlich giebt es aber auch Schmarotzer, welche Gewebewucherungen dadurch hervorrufen, daß sie ihre Eier in die betreffenden Pflanzenteile legen, so daß die daraus hervorgehenden Larven innerhalb der Gewebe leben. Es sind dies die zu den Würmern gehörigen Älchen, ferner Gallmilben, Fliegen, Käfer und Gallwespen. Die Larve des Kohlgallenrüsselkäfers (Ceuthorhynchus sulcicollis) lebt in Gallen am Wurzelhalse verschiedener Kohlarten und erzeugt daran halbkugelige Beulen, welche seinem Durchmesser gleichkommen, ja ihn zuweilen noch übertreffen. Ähnliche, aber viel kleinere Anschwellungen erzeugt an den Wurzeln der Gräser, sowie verschiedener Sedum- und Sempervivum-Arten das Wurzelälchen (Anguillula radiciperda). Sehr mannigfaltige Gallenbildungen treten an Stengeln auf. Dieselben sind natürlich verschieden, je nachdem es sich um erwachsene Zweige von Holzpflanzen oder um die diesen ansitzenden Knospen oder um krautige Stengel handelt. Die Weidenholzgallmücke (Cecidomyia saliciperda) erzeugt nicht scharfabgegrenzte Gallen, sondern ruft an den Weidenzweigen auf größere Strecken hin Gewebewucherungen hervor; die harten holzigen Geschwülste an den Brombeer-Arten veranlaßt die Brombeergallmücke (Lasi-

optera rubi). An den krautigen Stengeln der Habichtskräuter finden sich sehr oft die kugelrunden vielkammerigen Gallen verschiedener Gallwespen (Cynips), am Roggen und anderen Halmfrüchten die Knoten oder Kröpfe der Getreideälchen (Anguillula devastatrix), an den Zweigen der Sommereiche die artischockenförmigen Knospengallen der befruchtenden Gallwespe (Cynips foecundatrix).

Nicht minder mannigfaltig als die auf Gewebswucherungen beruhenden Stengelgallen sind auch die in gleicher Weise gebildeten Blattgallen. Zu ihnen gehören die anfangs blaßgrünen, später sich bräunenden Flecke an den Blättern unserer Kernobstbäume, welche die sogenannte Pockenkrankheit derselben bedingen und durch Gallmilben (Phytoptus) erzeugt werden; ferner alle die sogenannten Galläpfel, sowohl die durch Älchen erzeugten an den Blättern der gemeinen Schafgarbe, als die durch Gallwespen und Gallmücken hervorgerufenen an der Eiche, Buche, Sumpfspierstaude rc.

Weiter sind hier die sogenannten Rosenäpfel oder Bedeguare zu verzeichnen. Die jungen Knospenblätter, von denen die meisten eine Einzelgalle enthalten, bleiben bei ihnen gewöhnlich zu einem größern Gebilde verbunden, welches dadurch, daß die peripherischen Zellen der Galle sich in rote, verästelte Haargebilde umwandeln, eine eigentümlich starke Behaarung erhält.

Schließlich sei noch erwähnt, daß auch Fruchtknoten und junge Früchte sich zu Gallen umzugestalten vermögen: die Gallwespe Aulax rhoeadis bewirkt dies am Klatschmohn, Aulax salviae am Gartensalbei rc. Die bemerkenswerteste hierher gehörige Galle ist das Gicht- oder Radenkorn des Weizens, das vom Weizenälchen (Anguillula tritici) hervorgerufen wird und anstatt des Stärkemehls Tausende von ineinander geschlungenen Älchen einschließt.

Schlußbemerkungen.

Wir haben gesehen, daß die Pflanzen während ihrer Vegetation oft unter sehr verschiedenartigen nachteiligen Einflüssen zu leiden haben. Viele suchen sich vor denselben durch besondere Einrichtungen zu schützen und haben deshalb im Laufe der Zeit an sich gewisse Schutzmittel gegen dergleichen herausgebildet.

Daß in den alpinen und polaren Regionen kriechende Stämme, Ausläufer und Wurzeln als Schutzmittel gegen die Witterung dienen, fällt jedem Alpen- bez. Polarreisenden sofort in die Augen und wird später (Seite 341) noch weiter ausgeführt werden. Koniferen, welche mit ihren flach ausgebreiteten Wurzeln leicht Stürmen zum Opfer fallen, schützen sich durch geschlossene Bestände, alleinstehende durch eine horizontal-wirtelige Stellung der Äste (Araucaria). Das Gleiche lassen der ostindische und westindische Wollbaum (Eriodendron anfractuosum und caribaeum) erkennen. Noch andere bieten dem Winde möglichst wenig Körper dar, wie die Kasuarinen mit ihren winzigen schuppigen Blättern oder die Pappeln (Populus pyramidalis) mit ihren aufwärts gestellten kurzen Ästen. Gegen Sonnenbrand schützen sich viele Gewächse durch ätherische Öle, welche sie in ihren Blättern entwickeln und durch deren Verdunstung bei Wasserarmut des Bodens die Temperatur erniedrigt wird. Es ist dies der Fall bei den Lippenblütlern, Rauten- und

Myrtengewächsen (Labiaten, Rutaceen, Myrtaceen). Eine zu starke Verdunstung verhindert die Porliera hygrometrica durch den sogenannten Tagesschlaf, während die nyktitropischen Bewegungen vieler tropischer und außertropischer Pflanzen vor einer zu großen nächtlichen Wärmestrahlung schützen (S. 186). Daß auch das Chlorophyll ein Schutzmittel für die Pflanze sei und den zerstörenden Einfluß zu intensiven Lichtes abhalte, wurde ebenfalls bereits erwähnt (S. 143).

Gegen Weidetiere wehren sich viele Pflanzen durch dornige oder stachelige Stengel und Zweige, durch feste, stachelige oder wohl auch giftige Blätter. In den gemäßigten Klimaten würde kein größerer Strauch seine Blätter den Winter hindurch behalten, wenn er nicht ein derartiges Schutzmittel besäße. Heckensame (Ulex) und Stachelmyrte (Ruscus) bestehen fast ganz aus stacheligen Zweigen, die immergrünen Rosen- und Brombeerarten (Rosa und Rubus) haben Stacheln auf den Blattnerven, und Wachholder (Juniperus), Stecheiche (Ilex), die hülsenblätterige Berberitze (Mahonia aquifolium) u. a. haben feste, stachelige Blätter. Das Laub der Eibe (Taxus), des Lebensbaumes (Thuja), des Sumpfporst (Ledum), des Oleander (Nerium), des Kirschlorbeer (Laurocerasus) dagegen wird wegen seiner giftigen Eigenschaften unberührt gelassen. Wie viele Pflanzenteile nur in der Jugend durch Stacheln geschützt sind, so sind bei manchen Pflanzen (Kartoffeln, Spargel) nur die Keime durch Gift geschützt. Auch die Brennhaare der Brennwinden (Loasaceen) und Nesselgewächse (Urticaceen) dienen offenbar zur Abwehr; ja Kuntze (Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere und Wetterungunst) meint, daß schneidige Halbgräser in unseren nordischen Sumpfwiesen nur deshalb so häufig seien, weil früher die guten Gräser zu stark abgeweidet worden wären. Verschiedene Pflanzen scheinen auch dadurch Schutz zu finden, daß sie die Blätter mit Brennhaaren versehener Pflanzen nachahmen, somit den Tieren nur eine brennende Pflanze vortäuschen, und eine am Himalaya heimische Aronart soll nach Collet im Blütenzustande der giftigen Cobraschlange so außerordentlich ähnlich*) werden, daß keinem Tiere einfalle, sie zu berühren.

Durch ähnliche Mittel werden die verschiedensten Pflanzen auch gegen die Angriffe von Insekten und anderem ähnlichen Ungeziefer geschützt. Stacheln und besondere Behaarung machen sehr oft das Hinaufkriechen am Stengel unmöglich, und verschiedene Gerb-, Bitter- und Giftstoffe in Rinde und Blättern, zuweilen wohl auch in Blüte und Frucht beschränken oder verhindern den Genuß.

Samen speciell entgehen den Angriffen nicht selten infolge ihrer Kleinheit, ihrer dicken Schale, ihrer bodenähnlichen Färbung; oder sie sind zu ihrem Schutze ebenfalls mit Giftstoffen oder flüchtigen Ölen versehen.

Einzelne Pflanzen scheinen sogar gewisse Tiere anzulocken, um durch dieselben ihnen feindliche abzuwehren. So bietet die Stirnhornakazie (Acacia sphaerocephala) vom Kap gewissen Ameisen neben Honig und stickstoffreicher

*) Die Zeichnung auf dem Kopfe der Cobra und die Linien am Halse, erzählt Collet, seien auf der Blütenscheide des Arum nachgeahmt, während die zungenförmige Verlängerung des Kolbens und der Mittelrippe der Scheide die Ähnlichkeit mit einem lebenden Tiere täuschend mache.

Nahrung innerhalb der beiden an der Basis ihrer Blätter befindlichen großen scharfen gekrümmten Dornen auch sicheres Obdach, um dadurch vor blattzerstörenden Ameisen gesichert zu sein. In ähnlicher Weise entgeht auch die in Südamerika und Westindien heimische Cecropia peltata der Vernichtung durch Blattschneider- oder Tragameisen. Durch ganz besondere Anpassungen fesselt sie nämlich eine kleine schwarze Ameisenart als besondere Leibwache an sich, indem sie derselben in den Kammern ihres Stammes nicht bloß für sich und die ihr Honig liefernden Schildläuse Obdach gewährt, sondern ihr außerdem in gewissen Ausscheidungen auch reichlich stickstoffhaltige Nährsubstanz zuführt.

Endlich suchen sich aber die Pflanzen auch an den verschiedenen Teilen gegen die Zerstörung bez. Zersetzung zu schützen, welche ihnen von Schimmel- und Fäulnispilzen droht. So lange sie lebhaft vegetieren, ist ein solcher Schutz für sie unnötig; er wird aber unbedingt erforderlich, wenn ihre Lebensthätigkeit — wie in den Ruheperioden — auf das geringste Maß beschränkt ist. Den besten Schutz verleiht zunächst eine feste Epidermis, vorzüglich dann, wenn ein Wachsüberzug die Einwirkungen der Feuchtigkeit abhält. Focke bemerkt in Beziehung hierauf, daß man die Wichtigkeit eines solchen Schutzes besonders leicht an den nordamerikanischen Opuntien beobachten könne. Dieselben vertrügen unsere mitteleuropäischen Winter ganz gut; hätten die Stengelglieder jedoch irgend eine Verletzung erlitten, welche die Oberhaut, wenn auch nur an einer kleinen Stelle, zerstörte, so beginne, von dieser Verwundung ausgehend, die Fäulnis, breite sich immer weiter aus und vernichte das Stengelglied, falls nicht schon vorher wärmeres Wetter den Vegetationsprozeß in der kranken Pflanze wieder eingeleitet habe, durch den dann eine Abgrenzung zustande komme. Am gewöhnlichsten schützen sich höhere Pflanzen durch Kork, der außerordentlich widerstandsfähig ist und selbst im abgestorbenen Zustande den Pilzen noch lange widersteht. Ferner sind in die Baumrinden aber auch ziemlich allgemein chemische Substanzen eingelagert, die auf die niederen Organismen als Gifte wirken, wie z. B. Tannin, Salicin, Pinipikrin, Quercitrin, Äsculin, Chinin, Aricin, Strychnin, Bebirin 2c. Weiter kommen in ihnen auch die ungemein schwer zersetzbaren Wachsarten und in einzelnen Fällen (bei den Lorbeergewächsen) sogar ätherische Öle vor. In gleicher Weise wie die Stämme sind auch die unterirdischen Pflanzenteile geschützt. Entgegengesetztenfalls möchten sonst Sumpfpflanzen, deren Boden stets mit in Zersetzung befindlichen Substanzen reichlich geschwängert ist, jeden Winter der Fäulnis anheimfallen. Hier wird der Schutz teils ebenfalls durch die feste Epidermis, teils durch Gerbstoffe (Erle, Wiesenknopf), teils durch Bitterstoffe (Menyanthes), teils durch ätherische und aromatische Stoffe (Baldrian, Kalmus), teils durch Alkaloide (Wasserschierling) oder scharfe Stoffe (Hahnenfußarten) herbeigeführt. Ganz ähnliche Schutzeinrichtungen zeigen ferner die immergrünen Blätter; nur muß man bei deren Untersuchung beachten, daß das, was gegen Weidetiere und Insekten schützt, gewöhnlich gleichzeitig auch gegen niedere Pilze Schutz verleiht.

Unter den Früchten haben, wie wir oben sahen, die saftigen die Bestimmung, von Tieren gefressen zu werden, welche als Gegenleistung dafür die Verbreitung der Samen vermitteln. Diejenigen Früchte, die am saftigsten

bez. am schmackhaftesten sind, werden in der Regel am ersten gefressen. Sie würden — wenn das nicht der Fall wäre — aber auch sehr bald durch Fäulnis zu Grunde gehen. Für die weniger schmackhaften muß es daher nur von Vorteil sein, wenn sie der Zersetzung länger zu widerstehen vermögen, also recht haltbar sind, um später, sobald die Tafel für ihre Verbreiter kärglicher besetzt ist, doch noch gefressen zu werden und dadurch den eingeschlossenen Samenkörnern zur Aussaat zu verhelfen. Wir finden dies bei den Beeren des Wachholders, der Eibe, der Stecheiche, des Schneeholders, der Preißelbeere. Die Haltbarkeit derselben wird teils durch die feste Epidermis, teils durch chemische Substanzen vermittelt. Die Beeren des Epheu schützt dagegen die erst während des Winters eintretende Reife. Was endlich den Schutz anlangt, den während des Winters in der Erde ruhende Samen besitzen, so ist derselbe ein ganz ähnlicher. Derselbe wird ebenfalls entweder durch die Oberhaut oder durch chemische Substanzen vermittelt, welche letzteren sowohl giftig, als auch nur fäulniswidrig sein können. Fäulniswidrige Substanzen enthalten beispielsweise die aromatischen Samen der Doldengewächse. Jedenfalls ist für die Samen aber auch das fette Öl gleich wertvoll als Schutzmittel wie als Nährstoff, da dasselbe bei niederer Temperatur (also im Winter) ebenso wie die Samenschale die Wasseraufnahme verhindert, ohne welche der trockene Samen gar nicht von Fäulnispilzen angegriffen werden kann.

Sechstes Kapitel.

Entstehung der Pflanzenformen.

1. Veränderlichkeit der Pflanzen und Entstehung der Varietäten.

Sobald wir neue pflanzliche Individuen aus Samen erziehen oder Pflanzen durch Stecklinge vermehren, beobachten wir stets, daß die neuen Pflanzen den Stammpflanzen in hohem Grade ähnlich sind. Die Eigenschaften der Stammpflanzen erscheinen in den Nachkommen wieder, sie werden auf dieselben vererbt.

Neben der Vererbung der wesentlichen Eigenschaften und Merkmale finden wir an den Nachkommen aber doch hier und da auch mancherlei Abänderungen. Es treten im Verlaufe der Entwickelung Teile auf, deren Formen oder sonstige Eigenschaften von den gewohnten verschieden sind.

Diese letztere Erscheinung findet sich häufiger bei der Vermehrung der Pflanze durch Samen als bei der Vermehrung durch vegetative Sprosse (durch Stecklinge, Edelreiser 2c.). Ich erinnere nur an die Kernobstbäume. Während hier die Edelreiser fast ausnahmslos die gleiche Fruchtsorte hervorbringen wie der Baum, von dem sie geschnitten wurden, weichen in der Regel die Früchte der Sämlinge bedeutend von denen der Mutterpflanze ab. Gewöhnlich werden sie viel kleiner und bleiben sauer und saftlos; nur in seltenen Fällen kommen sie ihnen gleich oder übertreffen sie noch an Wohlgeschmack.*) In den mittleren der Vereinigten Staaten Nordamerikas, wo die Kultur des Pfirsichbaumes (behufs Gewinnung der Früchte zur Bereitung eines beliebten Branntweins aus den Kernen derselben) eine ganz außerordentliche Ausdehnung gewonnen hat, und wo man die jungen Stämme

*) Auf diese Veränderlichkeit gründet sich das Verfahren, das Obstzüchter einschlagen, um neue Sorten zu erzielen. Sie säen Massen von Obstkernen aus und prüfen die Erstlingsfrüchte (oder vielmehr die des zweiten Fruchtjahres, da sie in diesem sehr oft besser werden). Sind dieselben ungenießbar oder weniger schmackhaft, so wird der junge Baum als Wildling angesehen und als Unterlage für ein Edelreis verwendet; haben die Früchte aber besondere Vorzüge, so wird er als wurzelächter Stamm einer neuen Sorte behandelt. Nach Hoffmeister ist die Zahl der Sämlinge, deren Früchte sich verschlechtern, bei Pfirsichen auf 90%, bei Pflaumen auf 95%, bei Äpfeln und Birnen auf mindestens 97% anzuschlagen.

nur aus Samen zieht, ohne dieselben je zu veredeln, sind die Früchte der verschiedenen Bäume von endloser Mannigfaltigkeit; in einer gewöhnlich nach tausenden zählenden Anlage bringen kaum zwei gleichartige Früchte hervor.

Geben wir nun auch zu, daß gerade die Früchte unserer Obstgewächse eine ganz ausnahmsweise Neigung zu Abänderungen besitzen, so lassen sich doch andrerseits auch eine Menge Beispiele aufzählen, nach denen bei Vermehrung durch Samen selbst an solchen pflanzlichen Organen, die in der Regel sehr beständig erscheinen, die augenfälligsten Abweichungen auftreten. So fand Duchesne im Jahre 1761 unter den Erdbeersämlingen einen solchen mit einfachen (also nicht dreizähligen) Blättern, Descemet 1803 unter Sämlingen von der weißen Robinie (Robinia pseudacacia) ein stachelloses Exemplar, Godron unter den Sämlingen vom blaßblauen Stechapfel (Datura tatula) eine Pflanze mit glatten Kapseln.

Vegetative Sprosse zeigen, wie schon angedeutet wurde, weit seltener als Sämlinge Abänderungen von der Stammpflanze, der sie zugehören bez. zugehörten. Ein aufmerksamer Beobachter wird sie aber auch an ihnen nicht gänzlich vermissen. Unweit Rabenstein (bei Chemnitz) fand sich bis vor kurzem an einem kleinen Bergabhange ein Hornbaum (Carpinus betulus), welcher regelmäßig jedes Jahr an einzelnen seitlichen Zweigen zerschlitzte Blätter hervorbrachte.

Bezüglich dieser letzterwähnten Abänderungen muß man freilich zwei Fälle unterscheiden: nämlich den, wo — wie beim Hornbaume — wirklich etwas Neues auftritt und den, wo das scheinbar Neue nicht eigentlich etwas Neues, sondern nur ein Rückschlag zur alten Form (Atavismus) ist. Wenn z. B. die Blutbuche (Fagus silvatica var. purpurea) einen Trieb mit grünen Blättern oder der schlitzblättrige Hollunder (Sambucus nigra var. laciniata) einen solchen mit normalen, ungeteilten, eilanzettlichen Teilblättchen hervorbringt, so sind dies keine neuen, sondern nur Rückschlagsformen.

Fälle, in denen an vegetativen Sprossen Abänderungen beobachtet wurden, treten uns in der botanischen und Gartenbauliteratur nicht zu selten entgegen. Nach Darwin beobachtete Knight einen Fall, wo ein Zweig der „May-Duke"-Kirsche, trotzdem er nie gepfropft war, immer Früchte erzeugte, die später reiften und länglicher waren, als die an anderen Zweigen. Nach demselben Forscher ist aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Moosrose durch Knospenvariation aus der Centifolie hervorgegangen und erschien die gestreifte Moosrose 1788 als Schößling der gemeinen roten. Ferner werden nach Prof. Hoffmeister*) Nektarinen (glatte Früchte) und Pfirsichen (flaumhaarige) bisweilen nicht nur von dem nämlichen Pfirsichbaume, sondern selbst dicht nebeneinander von einem und demselben Zweige hervorgebracht. Eine als Steckling gezogene Georgine, die derselbe Forscher im August 1860 in Leipzig sah, hatte als erste zur Entfaltung gekommene Inflorescenz einen Blütenkopf mit braunpurpurvioletten, kaum eingerollten, als zweite einen Kopf mit chamoisfarbigen, purpurstreifigen, dütenförmig eingerollten Zungenblüten entwickelt. Ein in Gotha stehender Baum der Sauerkirsche (Prunus cerasus), von dem im Juli 1860 an Prof. Hoffmeister einige Früchte eingesandt wurden, entwickelte alljährlich neben vielen normalen eine Anzahl

*) Hoffmeister, allgemeine Morphologie, S. 560.

Früchte, die gruppenweise auf dem Scheitel eines handförmig verbänderten, am Grunde die Spuren von Knospenschuppen tragenden Sprosses mit einem einzigen breitgezogenen Holzringe standen.

Die neuen, abweichenden Eigenschaften, welche einzelne Nachkommen beobachten lassen, sind oft nur individuell, d. h. sie sind nur dem betreffenden Individuum eigen und werden durch Samen nicht weiter übertragen. Es gilt dies von einer Anzahl Abänderungen, welche an Sämlingen auftreten, sowie von den allermeisten derer, welche vegetative Sprosse zeigen. Solche Abänderungen lassen sich nur dann erhalten, wenn dergleichen Pflanzen durch Stecklinge vermehrt oder wenn gleichartige Pflanzen mit Augen von den abgeänderten Sprossen veredelt werden.

Aber auch die Eigenschaften, welche vererbt werden, treten nicht sofort an allen Nachkommen auf. Stets schlägt ein großer Teil derselben in die Urform zurück. Ist dagegen die Vererbung bereits durch mehrere Generationen hindurch gegangen, so wird der Rückschlag seltener, die Erblichkeit also größer und die neue Form beständiger. Sobald eine neue Form derartig befestigt ist, daß Rückschläge zu den Seltenheiten gehören, nennt man sie Varietät.

Ein und dieselbe Pflanzenform kann gleichzeitig oder nach und nach viele Formen erzeugen, welche in der verschiedensten Weise abändern; sie kann also Anlaß zur Bildung der verschiedensten Varietäten geben.

Die überaus zahlreichen Sorten der Georgine*) (Hoffmeister a. a. O.) stammen beispielsweise von sehr wenigen Stammpflanzen ab — von drei aus dem botanischen Garten zu Mexiko nach Madrid gesandten Pflanzen, welche an letzterem Orte 1789—91 zuerst blühten und von Cavanilles die Namen Dahlia pinnata, coccinea und rosea empfingen, sowie von 1804 aus Mexiko nach England gekommenen Samen, welche zunächst nur die Formen coccinea und rosea lieferten. Noch im Jahre 1808 wurden im Garten zu St. Cloud nur 4 verschiedene Sorten von Dahlia kultiviert, aber schon 1809 erhielt man aus deren Samen mehrere von den Mutterpflanzen in der Blütenfärbung verschiedene Pflanzen. Die Samen derselben, besonders aufbewahrt und von jeder der neuen Varietäten besonders ausgesät, zeigten in den aus ihnen hervorgegangenen Pflanzen die größte Mannigfaltigkeit in den Blütenfarben: Purpur, Dunkelrot, Kirschrot, Orange, Blaßgelb. In jedem folgenden Jahre (von 1812—1817) wurden neue Farbenvarietäten erhalten, u. a. eine rein weiße, ferner zweifarbige, gestreifte und drei gefüllte. Auch im botanischen Garten zu Berlin erhielt man unter aus Samen gezogenen Georginen von 1806 an zahlreiche Varietäten: 1809 die erste gefüllte (dunkelrote), 1810 die erste einfache rein weiße. — Aus einer einzigen, eine blaßblaue Blume tragenden Pflanze vom englischen Schwertel (Iris xiphioides) erzog Masters zahlreiche Sorten. — Einen ähnlichen Varietätenreichtum finden wir bei der Gartenaster (Callistephus chinensis), der Cinerarie (Cineraria hybrida), dem Gartenstiefmütterchen (Viola tricolor), welches letztere seit 1687 aus dem kleinblütigen, oft fast einfarbigen Feldstiefmütterchen hervorgegangen ist. Eine noch größere Mannigfaltigkeit, als die ebengenannten, zeigen Kürbis, Kohl, Mais, Weizen u. a. m.

---

*) Köstritzer u. a. Georginen-Züchter offerieren jetzt in ihren Katalogen alljährlich mehrere hundert Sorten.

Als Abänderungen, welche zur Varietätenbildung führen, dürfen nicht gewisse Ernährungszustände der Pflanze wie Verzwergung und Verriesung oder infolge gewisser äußerer Einwirkungen (durch Parasiten, Abweiden u. dergl.) erzeugte Bildungsabweichungen (zu denen jedenfalls auch die Verbänderungen gehören) gezählt werden. Dergleichen sind nicht erblich, denn die Nachkommen von Individuen, welche solche zeigen, entwickeln sich unter normalen Verhältnissen stets wieder in normaler Weise. Überhaupt sind äußere Einflüsse, wie der Boden mit einem größeren oder geringeren Reichtume an Nährstoffen, ferner Standort, Klima u. dergl. niemals die unmittelbaren Ursachen von etwa auftretenden, zur Varietätenbildung führenden Abänderungen. Wie könnten sonst auch die Samen von ein und derselben Frucht, gleichzeitig auf gleichen Boden ausgesät und unter gleichen Verhältnissen sich entwickelnd, nach verschiedenen Richtungen hin abändern! Wie könnten dann von einer und derselben Pflanzenform gleichzeitig mehrere Varietäten ihren Ursprung nehmen!

Obgleich also — wie eben bemerkt — äußere Einflüsse unmittelbar keine erblichen Abänderungen zu erzeugen vermögen, so sind sie aber doch von Einfluß auf die Neigung, solche hervorzubringen. Es zeigen dies alle Pflanzen, welche wir neu in Kultur nehmen. Anfangs bleiben dieselben eine Zeitlang in ihren Merkmalen höchst beständig, aber schließlich variieren sie mit den seltensten Ausnahmen alle in größerer oder geringerer Ausdehnung.

Es läßt sich diese Erscheinung kaum anders erklären, als dadurch, daß durch den Einfluß der Kultur der herkömmliche Entwickelungsprozeß erschüttert werde und daher die Neigung zum Variieren eintrete. Die Ablenkung, die der Organismus erfährt, ist anfangs wahrscheinlich sehr gering und ganz unmerklich; sie steigert sich aber nach und nach bis zum Bemerkbarwerden.

Daß Abänderungen am öftersten bei Vermehrung der Pflanze durch Samen auftreten, liegt wohl daran, daß der Samen infolge der geschlechtlichen Vereinigung zweier Individuen entsteht, die eine gewisse Verschiedenheit hinsichtlich ihrer Naturen zeigen. Dadurch nun, daß ein jedes dieser beiden Individuen das Streben besitzt, seine Eigenschaften zu vererben, wird der Anstoß zur Bildung neuer gegeben. Für gewöhnlich ist die Verschiedenheit der beiden Geschlechtszellen eine geringere. In diesem Falle werden aber auch die etwaigen Abänderungen weniger auffällig sein. Nichtsdestoweniger scheint jedoch auch hier manche neue Form gleichsam mit einem Schlage aufzutreten. Möglich, daß dann innere Vorgänge sich abweichend gestaltet haben, die ganz plötzlich die auffällige äußere Eigenschaft hervorriefen. Größer ist die Verschiedenheit der Geschlechtszellen aber bei der Bastardbefruchtung, da hier Geschlechtszellen verschiedener Varietäten bez. Arten zusammentreten. Was Wunder, wenn hierbei auch eine größere Neigung zum Variieren eintritt und die Abänderungen in der Regel auffälliger sind. Für den Pflanzenzüchter ist deshalb die Bastardbefruchtung ein ganz besonders beliebtes Mittel geworden, die Beständigkeit der ererbten Eigenschaften zu erschüttern und die betreffenden Pflanzen zur Varietätenbildung zu veranlassen, denn — wie der berühmte Pflanzenzüchter Vilmorin behauptet (Darwin, Variieren der Tiere und Pflanzen) — ist der erste Schritt, eine wünschenswerte Varietät an einer Pflanze hervorzurufen, der, die Pflanze überhaupt zum Variieren zu bringen.

2. Verstärkung und Vermehrung der neuen Eigenschaften bei der Fortpflanzung der Varietäten.

Die Merkmale, durch welche sich neu entstandene Varietäten von ihrer Stammform oder mehrere einer gemeinsamen Stammform entsprossene Varietäten von einander unterscheiden, sind anfangs in der Regel gering und unbedeutend. Da nun aber die Varietäten in ihren Nachkommen wieder variieren, so wird die Verschiedenheit allmählich größer, sei es nun, daß die nach einer Richtung hin eingetretenen Abänderungen sich bedeutend verstärken, sei es, daß sich späterhin daneben auch Abänderungen nach anderen Richtungen hin geltend machen. Steigert sich mit dem Grade der Verschiedenheit auch die Erblichkeit der neu gewonnenen Merkmale und Eigenschaften, so entfernen sich die betreffenden Pflanzenformen schließlich so weit von ihrer Stammform, daß an einen Zusammenhang beider gar nicht mehr gedacht werden würde, wenn derselbe nicht historisch erwiesen wäre oder aus den Zwischenformen erschlossen werden könnte. So wurde in England ein Platanenbaum, den man seit langem kultivierte, allgemein für eine nordamerikanische Art gehalten, bis sich aus alten Berichten ergab, daß er nur eine Varietät sei.

Wie bedeutend sich viele unserer Kulturpflanzen in Wuchs, Blattform, Blüten und Früchten, ja teilweise auch in den Samen verändert haben, könnte durch eine Unzahl von Belegen erhärtet werden. Wem würde es z. B. einfallen, zu behaupten, daß alle die zahlreichen Birnensorten, auch die edelsten und feinsten, Abkömmlinge von der Holzbirne seien, wenn nicht durch sorgfältiges Studium aller Übergangsformen diese Abstammung sicher erwiesen worden wäre?

Außerordentlich groß ist auch die Zahl der Varietäten bei der Stachelbeere. Dieselben differieren in der Art des Wachstums, in der Zeit des Beblätterns und Blühens, ferner bez. der Blätter in Größe, Färbung, Tiefe der Lappen, bez. der Blattoberfläche, die bald glatt, bald flaumig oder haarig ist, bez. der Zweige, welche mehr oder weniger wollig oder dornig sein können und vor allen Dingen bez. der Frucht in Fülle, Zeit der Reife, Färbung, Fleisch, Geschmack, Oberfläche und vor allen Dingen in der Größe. Aber alle diese Varietäten stammen unzweifelhaft von der in Mittel- und Nordeuropa wild wachsenden Ribes grossularia ab. Bezüglich der Größe und des Gewichtes der Frucht führt Darwin (Das Variieren &c. S. 451) den Nachweis, daß dieselben seit 1786 beständig zugenommen haben, bis 1852 das bis jetzt höchste Gewicht erreicht wurde, nämlich ein solches von 58 Gramm oder das Sieben- bis Achtfache der wilden Frucht. Er selbst fand, daß ein kleiner Apfel von 6½ Zoll (16,5 cm.) im Umfange genau das Gleiche wog.

Welche Verschiedenheiten zeigen ferner nicht die Kohlvarietäten, obschon sie möglichenfalls einen einzigen oder nach de Candolle zwei oder drei Stammformen entsprangen, die noch heutigen Tages in den Mittelmeergegenden wild vorkommen. Dieselben lassen sich wieder in Rassen und Unterrassen zusammenstellen. Hier mag nur an die hauptsächlichsten erinnert werden: an den grünen und roten Kohl mit den großen einzelnen Köpfen, den Brüsseler Kohl mit den zahlreichen kleinen Köpfen, den Broccoli

und **Blumenkohl** mit dem monströsen, fleischig gewordenen, zur Samenbildung unfähigen Blütenstande, **den Savoyer Kohl** mit seinen blasigen und gerunzelten Blättern, **den Kohlrabi** mit dem oberhalb der Erde rübenartig verdickten Stengel. Ferner giebt es eine große Anzahl krauser und geschlitzter Varietäten, von denen einige sehr schöne Farben zeigen und infolgedessen als Zierpflanzen geschätzt sind. Viele der letzteren sind auch außerordentlich beständig und pflanzen sich durch Samen fort.

Von noch größerer Mannigfaltigkeit sind die Varietäten des Kürbis (Cucurbita pepo); ja aller Wahrscheinlichkeit nach ist derselbe die variabelste Pflanze der Welt. Seine Formen teilt Naudin in sieben Sektionen, von denen jede eine lange Reihe von Varietäten umfaßt (Darwin, a. a. O.). „Die Frucht der einen Varietät übertrifft im Volumen die einer andern um mehr als das Zweitausendfache. Wenn die Frucht von sehr bedeutender Größe ist, erscheint die produzierte Anzahl gering; ist sie von geringerer Größe, werden viele erzeugt. Nicht weniger erstaunlich ist das Variieren der Form der Frucht. Die typische Form ist offenbar eiförmig; diese wird aber entweder in einen Cylinder ausgezogen oder in eine flache Scheibe verkürzt. Wir haben aber auch eine fast unendliche Verschiedenheit in der Färbung und der Oberflächenbeschaffenheit, in der Härte sowohl der Schale, als des Fleisches und in dem Geschmacke des letzteren, welches entweder außerordentlich süß und mehlig oder unbedeutend bitter ist. Die Samen differieren in einem unbedeutenden Grade bez. der Form, aber ganz wunderbar in der Größe, nämlich von sechs oder sieben bis fünfundzwanzig Millimeter in der Länge. In den Varietäten, welche aufwärts wachsen oder laufen und klettern, sind die Ranken, wenn sie auch nutzlos sind, entweder vorhanden, oder sie werden durch verschiedene halbmonströse Organe ersetzt oder fehlen auch vollständig. Die Ranken fehlen selbst manchen laufenden Varietäten, bei denen die Stämme sehr verlängert sind. Eine eigentümliche Thatsache ist, daß bei allen Varietäten mit zwerghaften Stämmen die Blätter in der Form einander außerordentlich ähnlich sind.“ Eine wilde Stammform ist vom Kürbis nicht bekannt.

Von den Getreidearten variiert am auffälligsten der Mais, dessen Varietäten nach dem fast einstimmigen Urteile der Botaniker von einer Urform abstammen, die freilich nicht mehr existiert.*) Er bildet zwölf Rassen (Unterarten) mit zahlreichen Varietäten und Subvarietäten, von welch letzteren einzelne beständig, andere wieder sehr unbeständig sind. Schon die Höhe der Halme zeigt große Verschiedenheiten: manche werden 4,5—5,5 Meter, eine Varietät aber noch nicht 1/2 Meter hoch. Der Kolben ändert ebenfalls ganz außerordentlich ab: bald erscheint er lang und schmal, bald kurz und dick, bald wieder verzweigt. Bei der einen Varietät wird er viermal länger, als bei der kleinsten Sorte. Die Samen stehen in dem einen Falle in Reihen (6—20), im anderen sind sie unregelmäßig angeordnet. Die Färbung derselben kann weiß, blaßgelb, orange, rot, violett oder elegant schwarz ge-

*) Man hat zwar gemeint, in einer angeblich wildwachsenden brasilianischen Form, bei welcher die Körner von Spelzen umhüllt werden, die Urform zu sehen, aber die Körner der betreffenden Form erzeugen ebenso oft gewöhnlichen, als mit Spelzen versehenen Mais, und es ist doch nicht anzunehmen, daß eine wilde Art nach dem ersten Anbau schon so schnell und so bedeutend abändern solle.

strichelt sein. Ja in einem Kolben können sich sogar zweierlei Samen finden. In gleicher Weise variieren auch Gewicht, Form und Bestandteile der Samen.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß die Variation bei unseren Kulturpflanzen eine fast unbegrenzte ist, und dem aufmerksamen Pflanzenbeobachter wird sehr bald klar, daß die Verschiedenheit zwischen den Kulturvarietäten in der Regel ungleich größer als zwischen wildwachsenden Arten ist.

3. Menschliche Zuchtwahl.

Die verschiedenen Varietäten, welche in der Kultur zufällig entstehen, können nur dadurch gesteigert und schließlich zur Beständigkeit gebracht werden, daß der Züchter unter den Sämlingen, die ihm zur Fortzucht zur Verfügung stehen, die sorgfältigste Auswahl trifft. Der intelligente Züchter verwendet dazu nur solche, welche die neu hervorgetretenen Eigenschaften in gleichem oder erhöhtem Maße zeigen und merzt alle anderen, bei denen dies nicht der Fall ist (Zwischenformen), unnachsichtlich aus — er übt also eine sorgfältige Zuchtwahl. Dadurch bringt er es aber auch dahin, daß nach einer Reihe von Fortpflanzungen die neue Entwicklungsform zu einer konstanten Rasse, d. h. daß sie ebenso formbeständig wird, wie die in der freien Natur auftretenden sogenannten guten Arten. Auf diese Weise sind alle die verschiedenen Sorten unserer Kulturgewächse erzeugt worden.

Die Zuchtwahl, durch welche es dem Menschen möglich wurde, umgestaltend auf lebende Naturkörper einzuwirken, ist teils eine unbewußte, teils eine methodische. In früheren Zeiten (und dies geschieht zuweilen auch jetzt noch) wird der Mensch sehr oft ganz instinktiv, also ohne den Gedanken, die Sorte dadurch veredeln zu wollen, nur den Samen von den schätzbarsten Individuen gesammelt und zur Aussaat verwendet haben, und ohne Zweifel hat dies schon große Veränderungen bewirkt; aber die unbewußte Zuchtwahl wird sehr bald in die bewußte, methodische übergegangen sein, d. h. in die von dem Wunsche geleitete Auswahl, eine Art nach einer bestimmten Richtung hin zu modifizieren. Durch diese methodische Zuchtwahl ist besonders in der neueren Zeit ganz Außerordentliches geleistet worden. Daß wir so viele gute d. h. beständige Varietäten vom Weizen haben, liegt nur daran, daß man die geringsten Schattierungen in der Verschiedenheit aussuchte und von diesen wieder mit der größten Sorgfalt auswählte. Wie das Gewicht der Stachelbeere durch systematische Zuchtwahl und Kultur vermehrt wurde, ist schon erwähnt. Die Blüten des Pensée (Stiefmütterchen) sind in ähnlicher Weise vergrößert und mit einer immer regelmäßigeren Kontur versehen worden. Sehr oft hat man auch durch sorgfältige Auswahl das Gefülltsein der Blüten erreicht. So fand nach Darwin (a. a. O.) W. Williamson, nachdem er während mehrerer Jahre Samen von der Gartenanemone (Anemone coronaria) gesät hatte, eine Pflanze mit einem überzähligen Kronenblatte. Er säte den Samen von dieser weiter und erzielte dadurch Pflanzen mit mehreren überzähligen Kronenblättern. Durch Ausdauer in dieser Richtung erhielt er endlich Varietäten mit sechs oder sieben Reihen von Kronenblättern, die bei Weiterzucht die größte Beständigkeit zeigten. In ähnlicher Weise wurde die einfache schottische Rose gefüllt und ergab in neun oder

zehn Jahren acht gute Varietäten. Buckmann verwandelte in vier Jahren durch Kultur und sorgfältige Zuchtwahl Pastinaken, die er aus wilden Samen erzogen hatte, in eine neue und gute Varietät.

Ferner ist durch Zuchtwahl, welche eine Reihe von Jahren fortgesetzt wurde, die frühe Reife der Erbsen um 10—21 Tage beschleunigt worden; und die Zuckerrübe hat seit ihrer Kultur in Frankreich den Ertrag an Zucker geradezu verdoppelt. Letzteres wurde nur dadurch erzielt, daß das specifische Gewicht der Wurzeln regelmäßig bestimmt und nur die besten zur Samenproduktion ausgewählt wurden.

Daß solche methodische Zuchtwahl auch schon im Altertum getrieben worden ist, kann man als sicher annehmen; wenigstens weisen verschiedene Stellen in alten Schriftstellern darauf hin. So spricht z. B. Virgil (kurz vor Christus) von dem jährlichen Aussuchen der größten Samen und Celsus (zur Zeit des Kaisers Augustus) sagt: „Wo das Korn und die Ernte nur klein sind, müssen wir die besten Kornähren aussuchen und die Samen von diesen getrennt für sich aufbewahren.“ Bezüglich der Samen von Pflanzen für den Blumengarten schreibt der Engländer Hanmer bereits ums Jahr 1660, daß bei der Auswahl der beste Samen der am meisten wiegende sei und von dem üppigsten und kräftigsten Stamme gewonnen werde, und er empfiehlt dann, daß man nur einige wenige Blüten an den Pflanzen zur Samenbildung stehen lassen solle.

Von der anfangs unbewußten und später bewußten Zuchtwahl, welche bereits unsere Vorfahren übten, ziehen wir heutigen Tages den größten Vorteil, denn die außerordentliche Veränderung bez. Verfeinerung unserer Kulturgewächse wäre sicher noch nicht erreicht worden, wenn die Zuchtwahl nicht schon jahrhundertelang an ihnen gearbeitet hätte. Oswald Heer zeigt in seinen Untersuchungen über die Seebewohner (Pfahlbauern) der Schweiz, daß die Kerne und Samen von Weizen, Gerste, Hafer, Erbsen, Bohnen, Linsen, Mohn, welche sämtlich im Stein- und Bronzezeitalter kultiviert wurden, durchaus nicht die Größe der Kerne und Samen unserer jetzigen Varietäten erreichten. Trotzdem werden sie aber schon damals bei weitem größer gewesen sein, als die Samen der Urformen, denen ihre Erzeuger entstammten. Nach Rütimeyer (Fauna der Pfahlbauten) mußte wenigstens der Holzapfel, den jene alten Völkerschaften während der Steinzeit besaßen, bereits beträchtlich größer, als der jetzt noch im Jura wild wachsende sein. Büffon verglich die Blumen, Früchte und Gemüse, die zu seiner Zeit (d. h. in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts) kultiviert wurden, mit einigen ausgezeichneten, hundertfünfzig Jahre früher gemachten Zeichnungen und war über die bedeutende Veredlung, die sie mittlerweile erreicht hatten, so verwundert, daß er die Bemerkung macht, „jene alten Blumen und Gemüse würden jetzt nicht bloß von einem Blumisten, sondern von jedem Kohlgärtner verworfen werden.“ Aber wie weit ist seit Büffons Zeiten die Veredlung wieder vorwärts gegangen!

Als vor 25 Jahren der Engländer Garth eine Anzahl Pelargoniumvarietäten erzogen hatte, war man ganz entzückt von der Schönheit derselben und meinte, nunmehr hätte diese Zierpflanze ihre höchste Vollkommenheit erreicht. Aber jetzt — jetzt würde man jene Blumen sicher gar nicht mehr beachten. In gleicher Weise ist auch die Georgine in ihrer Schönheit vorgeschritten, ebenso die Nelke u. a. m.

Die Varietäten, die der Mensch durch sorgfältige Auswahl zur Weiterzucht, also durch die methodische Zuchtwahl, schließlich gewissermaßen schuf, müssen erklärlicherweise die engste Beziehung zu den Zwecken zeigen, um deretwillen sie angebaut werden. Die Varietäten der bereits mehrmals erwähnten Stachelbeere sind in Bezug auf Blüte und Vegetationsorgane untereinander und von ihrer Urform nur ganz unbedeutend verschieden, desto mehr aber in Bezug auf die Frucht, auf die es doch bei der Kultur allein abgesehen ist. Ebenso unterscheiden sich die Weizenvarietäten nur wenig in Form des Halms und der Blätter, um so mehr aber durch Form, Größe, Stärke und Klebergehalt der Körner, die für den Züchter am wertvollsten sind. Dahingegen lassen wieder die Kohlvarietäten die größten Verschiedenheiten bezüglich ihrer Vegetationsorgane, besonders ihres Blattwerkes erkennen, während sich bei ihnen kaum ein Unterschied in den Samenkörnern oder selbst in den Blüten und Schoten geltend macht — ganz einfach deswegen nicht, weil deren äußere Eigenschaften dem Menschen gleichgültig und weil ihm die inneren nur insoweit wertvoll sind, als der Same die Varietät fortzupflanzen hat.

4. Natürliche Zuchtwahl und Anpassung der Organismen an die gegebenen Bedingungen.

Abänderungen treten nicht bloß an kultivierten, sondern auch an wildwachsenden Pflanzen auf. Freilich geschieht dies bei letzteren nicht immer so merklich und nicht bei allen Arten bez. Gattungen in gleichem Maße. Während ein großer Teil der wilden Arten die größte Formbeständigkeit zur Schau trägt, erscheinen andere wiederum fast ebenso variabel wie Kulturpflanzen. Ich erinnere nur an die Gattungen Habichtskraut, Brombeere, Rose.

Die Abänderungen der wildwachsenden Pflanzen müssen sich unter Umständen natürlich ebenso steigern und befestigen lassen, wie die der kultivierten. Beide folgen ja genau denselben Entwickelungsgesetzen.

Bedenken wir nun, daß die Varietäten, die wir von gewissen Kulturpflanzen durch fortgesetzte Zuchtwahl erhalten haben, untereinander und von der Stammform ebenso weit, ja in den meisten Fällen noch weit mehr verschieden sind, als die wildwachsenden Arten voneinander abweichen, so tritt der Gedanke nahe, daß wohl auch die wildwachsenden Arten in derselben Weise wie die Kulturvarietäten aus einer Urform hervorgegangen sein mögen und daß man infolgedessen hier ebenso wie dort den gemeinsamen Ursprung als die einzige Ursache der äußeren und inneren erblichen Ähnlichkeit, die Variabilität dagegen als die einzige Ursache der Verschiedenheit ansehen müsse. Eine bedeutende Stütze erhält diese Anschauung dadurch, daß unter den wildwachsenden Pflanzen Gattungen vorkommen, welche ähnliche Zwischenformen erkennen lassen wie so viele von unsern Kulturvarietäten, ehe sie vollständig befestigt wurden. Es ist dies ganz besonders der Fall bei den vorhin als ausnehmend variabel bezeichneten Gattungen, besonders bei der Gattung Habichtskraut (Hieracium). Sehr oft steht der Botaniker vor den zu letzterer gehörigen Formen ratlos, nicht wissend, ob er sie für Arten oder Varietäten ansehen soll, trotzdem sie vollkommene Fruchtbarkeit zeigen.

Bezüglich dieser Gattung sagt Prof. Nägeli:*) „Wenn man die durch Übergangsformen miteinander verbundenen Typen in eine Art vereinigen wollte, so würde man für die zahlreichen einheimischen Hieracien nur drei Species bekommen, nämlich Pilosella (Piloselloiden), Hieracium (Archieracium) und Chlorocrepis (Hieracium staticifolium), da zwischen diesen Gruppen — wenigstens in Europa — die Übergänge mangeln." „Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft," fährt der genannte Forscher später fort, „sehe ich keine andre Möglichkeit als die Annahme, daß die Hieracium-Arten durch Transmutation entweder aus untergegangenen oder aus noch bestehenden Formen entstanden sind, und daß ein großer Teil der Zwischenglieder noch vorhanden ist, welche sich bei der Spaltung einer ursprünglichen Art in mehrere neue naturgemäß mitbildeten, oder die bei der Umwandlung einer noch lebenden Art in eine von ihr sich abzweigende Species durchlaufen wurden. Es haben sich also bei den Hieracien die Arten noch nicht durch Verdrängung der Zwischenglieder so vollständig getrennt, wie es bei den meisten anderen Gattungen der Fall ist."

Neigen wir uns zu dieser Anschauung, so können wir freilich eine wesentliche Verschiedenheit zwischen Art und Varietät nicht mehr gelten lassen; wir können die Art dann nur als eine Form betrachten, die sich von der Urform etwas weiter entfernt hat, als die Varietät.

Wenn die wildwachsenden Arten in gleicher Weise wie die Kulturvarietäten von einer Urform abstammen, so muß es in der Natur Ursachen bez. Einrichtungen geben, die eine gleiche Wirkung erzielt haben und noch erzielen wie die auswählende Hand des Menschen bei der menschlichen Zuchtwahl. Es muß eine Art natürlicher Zuchtwahl vorhanden sein. Und zwar muß dies um so mehr der Fall sein, als ja auch die natürlichen Arten (in gleicher Weise wie die Kulturvarietäten des Menschen) sich den Boden-, klimatischen und vielen anderen sie berührenden Verhältnissen angepaßt haben bez. anpassen, aber so genau, daß diese Anpassungen als das Resultat der klügsten und umsichtigsten Berechnung erscheinen.

Während der Mensch die Kulturpflanze, die er ausbeuten will, nach jeder Beziehung hin zu schützen sucht: gegen elementare Ereignisse sowohl, als auch gegen Feinde oder gegen andre Pflanzen, die ihr den Boden streitig machen oder Luft und Licht entziehen wollen (Unkräuter und dergleichen), so ist die wildwachsende lediglich auf sich selbst, ihre eigene Kraft und Widerstandsfähigkeit angewiesen; sie muß sich selbst zu schützen suchen gegen die Unbill, die ihr Witterungs- und Bodeneinflüsse, Schmarotzer, Nachbarpflanzen und dergleichen zufügen; sie muß mit ihnen, wie dies Darwin so treffend bezeichnet, einen Kampf ums Dasein führen.

In diesem Kampfe werden in erster Linie stets die stärksten bez. diejenigen Pflanzen erhalten bleiben, welche den verschiedenen feindlichen Einflüssen am nachhaltigsten widerstehen, und nur diese werden zur Fortpflanzung gelangen und dabei natürlicherweise am ersten die Eigenschaften ihren Nachkommen vererben, durch welche sie am meisten zum Widerstande befähigt wurden. Dadurch wirkt also der Kampf ums Dasein auswählend. Damit zugleich werden sich aber auch in den den Kampf bestehenden Organismen

*) Derselbe machte wohl die eingehendsten Studien über diese Gattung.

Organisationsverhältnisse herausbilden, welche für den bestimmten Fall kaum zweckmäßiger gedacht werden könnten; es wird die vorhin erwähnte Anpassung herbeigeführt werden.

Um zu begreifen, in welcher Weise der Kampf ums Dasein die zweckmäßige Anpassung der wildwachsenden Pflanzen an die ihnen gebotenen Lebensbedingungen bewirkt, ist vor allen Dingen zu bedenken, daß jede Pflanze fortwährend in einem sehr geringen Grade abändert und daß diese Abänderung alle Organe bezüglich aller ihrer Eigenschaften — wenn auch ganz unmerklich — berührt, daß andrerseits aber auch der Kampf ums Dasein niemals zum Stillstand kommt, sondern stetig andauert, und daß in diesem Kampfe selbst der unbedeutendste Vorteil, welcher vermittelst der Abänderung nach irgend einer Beziehung hin erlangt wird, entscheidend für die Erhaltung der Pflanze werden kann.

Für letzteres nur ein Beispiel. Der Botaniker hält die Oberfläche der Fruchthaut, die Farbe des Fruchtfleisches rc. für ganz geringfügige und gleichgültige Merkmale. Daß aber dergleichen doch für Erhaltung bez. Nichterhaltung einer Pflanze von Einfluß werden können, geht aus verschiedenen Thatsachen hervor. So leiden in den Vereinigten Staaten nackthäutige Früchte viel mehr durch einen Rüsselkäfer als die flaumigbehaarten und die purpurfarbenen Pflaumen werden von einer gewissen Krankheit weit heftiger befallen als die gelben, während eine andere Krankheit die gelbfleischige Pfirsiche ungleich mehr angreift als die andersfarbigen.

Durch die Fähigkeit, nach den verschiedensten Richtungen hin abzuändern, hat sich die Pflanze zunächst den Bedingungen der Ernährung und des Wachstums angepaßt, welche Klima und Boden darbieten. Es ist leicht ersichtlich, daß eine im Wasser untergetaucht lebende Pflanze anders organisiert sein muß als eine Sumpf- oder Landpflanze, eine Schattenpflanze anders als eine lichtbedürftige, eine Hochgebirgspflanze anders als eine der Ebene angehörige. Dessenungeachtet ist es aber mittelst der Variation möglich, daß die Nachkommen einer Wasserpflanze ein zeitweiliges Sinken des Wassers vertragen lernen, daß diese wieder Nachkommen haben, welche nach und nach zu Sumpf- oder im Laufe der Zeit selbst zu Landpflanzen werden. In ähnlicher Weise können ursprünglich den wärmeren Klimaten angehörige Pflanzen sich allmählich den kalten, ja kältesten Klimaten oder lichtliebende Pflanzen dem Waldesschatten und umgekehrt Schattenpflanzen dem größeren Einflusse des Lichtes anpassen.

Schon in dem Zusammenwirken der eben angedeuteten und ähnlicher Faktoren liegen die Bedingungen dafür, daß sich die einer Grundform entstammenden Nachkommen zu den verschiedenartigsten Varietäten herausbilden können. Aber der Kampf um das Dasein ist ein weit verwickelterer. Die Pflanze hat sich nicht bloß mit den eben erwähnten Lebensbedingungen auseinanderzusetzen, sondern sie muß sich gleichzeitig auch gegen andere Pflanzen abwehrend verhalten, durch welche sie in ihren Ansprüchen an den Boden, an Luft und Licht beschränkt werden soll, ferner muß sie sich gegen Tiere schützen, von welchen sie als willkommene Nahrung betrachtet wird. Ja bei vielen Pflanzen hängt die Existenz selbst davon ab, daß sie die mancherlei günstigen Verhältnisse, die ihnen von anderen Pflanzen oder von gewissen, sie heimsuchenden Tieren geboten werden, nach Kräften ausnützen, um einen Vorsprung

vor anderen zu gewinnen. Ich erinnere hier an die S. 230 ausführlicher berührte Anpassung vieler Pflanzen an die sie bestäubenden Insekten, an die S. 257 besprochene Anpassung der Früchte und Samen an samenverbreitende Agentien, an das Schmarotzerleben der Mistel u. a. m. Durch alles dieses muß schließlich eine geradezu endlose Mannigfaltigkeit der Anpassungsverhältnisse bedingt werden.

So wie die wildwachsende Pflanze ihre Entwicklung beginnt, tritt sie in den Kampf ums Dasein ein. Den Platz zur Ausbreitung ihrer Wurzeln, zur Entfaltung ihrer Zweige und Blätter hat sie ihren Mitbewerbern streitig zu machen. Am härtesten muß natürlich der Kampf mit den eigenen Artgenossen entbrennen, da diese die gleichen Ansprüche an die örtlich gegebenen Bedingungen stellen und dabei meist in größerer Zahl vorhanden sind, als der zu Benutzung stehende Raum zu erhalten vermag. Der Ausgang des Kampfes läuft nun stets darauf hinaus, daß von den gleichzeitig entwickelten nur die kräftigsten Keimpflanzen zur Ausbildung gelangen, die schwächeren aber untergehen. Etwas schwächer, aber immer noch hochgradig genug wird der Kampf zwischen verschiedenen Varietäten derselben Stammform, noch schwächer zwischen verschiedenen Arten und Gattungen sein. Je verschiedener die Pflanzen voneinander sind, desto verschiedener sind auch die Ansprüche, die sie an die Boden- und anderen Verhältnisse stellen, um so weniger berühren sie sich darin gegenseitig und um so enger können sie infolgedessen beieinander stehen. Der Acker, der lauter gleichartige Pflanzen trägt, wird dieselben niemals so dicht zusammengedrängt zeigen wie eine Wiese die verschiedenartigen Pflanzen, und die Grasnarbe der Wiese wird wieder um so dichter erscheinen, je mannigfaltiger sie zusammengesetzt ist.

Aus der Thatsache, daß im Kampfe ums Dasein die Formen am leichtesten nebeneinander bestehen bleiben, welche am meisten voneinander abweichen, läßt sichs erklären, warum bei der Fortentwicklung der Varietäten immer nur solche Formen überleben, die untereinander und von der Stammform am meisten verschieden sind, während die Mittelformen nach und nach wieder von dem Schauplatze ihrer Entstehung verschwinden. Was Wunder, wenn Arten, die allem Anscheine nach aus einer Stammform hervorgegangen sind, schließlich alle und jede Mittelform vermissen lassen.

Die mehrfach erwähnte Anpassung wird besonders dadurch ermöglicht, daß sich die pflanzlichen Glieder gleicher Entstehung nach den jeweiligen Lebensverhältnissen in der verschiedensten Weise auszubilden vermögen. Ich erinnere nur an die Organe, welche man ihrer Entstehung nach (Seite 85) als Blätter oder Blattorgane bezeichnet. Bald bilden sie sich als normale Blätter aus und stellen dann grüne, chlorophyllhaltige Assimilationsorgane dar; bald erscheinen sie wieder chlorophyllfrei und werden zu schützenden Decken für die Winterknospen; bald sind sie dicke trockene oder dicke saftige Reservestoffbehälter für Keimpflanzen bez. Zwiebeln; bald produzieren sie Geschlechtsorgane; bald beteiligen sie sich wieder nur an der Bildung derselben oder ihrer Hüllen; bald werden sie zu einfachen Ranken, welche die Befestigung der Pflanze besorgen; bald gestalten sie sich in holzige Dornen um; ja bei den Nepenthes-Arten werden sie sogar zu gedeckelten Krügen, die sich selbst mit Wasser anfüllen (Seite 94 Figur 81 b). Eine ebenso verschiedenartige Ausbildung können die Achsenteile, ja selbst die Trichome erfahren.

Die Zwecke, die durch die Anpassung erreicht werden sollen, werden von den verschiedenen Pflanzen nicht immer auf die gleiche, sondern sehr oft auf die verschiedenste Art und Weise erreicht. Für sehr viele Pflanzen ists von großem Vorteil, sich ein Stück über den Boden, womöglich über viele andere Pflanzen hinweg zu erheben. Die höheren Pflanzen werden besser vom Lichte getroffen, mit dessen Hülfe sie assimilieren; ihre Blüten werden bemerklicher und deshalb leichter von den Bestäubungsvermittlern aufgesucht; ihre Früchte sind einer schnelleren und weiteren Verbreitung fähig. Wie erhebt sich nun aber die Pflanze in genügender Weise über den Boden? Zunächst geschieht das bei vielen Staudengewächsen durch hinreichende Stärke und Festigkeit des Stammes, welche denselben befähigen, die Last der Blätter, Blüten und Früchte mit leichter Mühe zu tragen. Zum Ausdauern würde dieser Stamm aber noch nicht genügen; zu diesem Zwecke muß das Stammgewebe verholzen, um der umfangreichen Baumkrone die erforderliche Stütze zu bieten. Vergrößert sich dieselbe alljährlich, so nimmt auch der Stamm an Umfang zu, wie alle Laub- und Nadelhölzer zeigen; ist dies nicht der Fall, so bleibt auch der Stamm von gleicher Dicke, wie bei den Palmen. In den letztgenannten Fällen hat die Pflanze zur Erreichung des Zweckes, sich höher zu erheben, einen ganz bedeutenden Kraftaufwand nötig und muß deshalb ganz bedeutende Nährstoffmassen assimilieren. In vielen andern Fällen erreicht sie den angegebenen Zweck auf leichtere Weise, ohne so viel organische Substanz dabei zu verwenden. Es geschieht dies, wenn sie klettert oder windet. Die windenden oder schlingenden Pflanzen, wie Hopfen (Humulus lupulus), Acker- und Zaunwinde (Convolvulus arvensis und sepium), Jelängerjelieber (Lonicera xylosteum) u. a. m. setzen benachbarte Stützen voraus, um die sie winden. Meist werden ihnen dieselben in anderen stärkeren Pflanzen geboten, welche sie durch die ihnen in starkem Maße eigene Circumnutation erreichen bez. umfassen. Auch die mit kletternden Stengeln versehenen Pflanzen haben Stützen nötig, an denen sie auf die denkbar billigste Weise, also mit dem geringsten Aufwande von organischem Material, in die Höhe streben. Dieses Klettern erfolgt nun ebenfalls wieder in der mannigfaltigsten Weise: entweder mittelst umgestalteter Achsenteile (beim Weinstock, wo sich Zweige zu Ranken umbilden) oder mittelst der Blattstiele (bei der drüsigen Waldrebe [Clematis glandulosa], Figur 128) oder mittelst der Blattfläche (beim gemeinen Erdrauch [Fumaria officinalis] u. a.) oder mittelst der fadenförmig ausgebildeten Gipfelteile der Laubblätter (bei der Wiesenplatterbse [Lathyrus pratensis], der gemeinen Erbse [Pisum sativum] u. v. a.). Ranken finden wir ausnahmslos nur an Pflanzen mit sehr schwachen Stengeln. Dieselben haben die Aufgabe, die betreffenden Stengel nach allen Richtungen hin zu befestigen, um ihnen dadurch die Möglichkeit zu geben, ihre Belaubung in die vorteilhafteste Stellung zum Lichte zu bringen. Wie Darwin ausführlich nachgewiesen hat, sind die Ranken ebenfalls wieder von verschiedener Ausbildung. In dem einen Falle sind sie ziemlich unvollkommen, und es liegt ihnen nur ob, dem schlecht windenden Stengel Unterstützung zu leihen; im anderen wieder können sie die ihnen gewordene Aufgabe kaum vollkommener lösen. Hier finden sie sich nach den verschiedensten Richtungen ausgestreckt am Gipfelsproß, und dieser circumnutiert mit ihnen oder jede circumnutiert für sich selbst — einzig und allein zu dem Zwecke, um in die Lage zu

kommen, irgend eine Stütze auffinden und erfassen zu können. Wird eine solche berührt, so veranlaßt der dabei stattfindende leise Druck die Rankenspitze zum Umbiegen, und dieselbe legt sich in festen Windungen um die erfaßte Stütze. In der Regel umfaßt die betreffende Pflanze mit verschiedenen Ranken verschiedene Stützen und hängt nun infolgedessen anfangs ganz locker zwischen ihnen mitten inne. Bald aber verkürzen sich die Ranken durch spiraliges Zusammenziehen derart, daß der Stengel straff gespannt wird und eine feste, sichere Lage bekommt. Die Anpassung, welche manche Pflanzen in ihren Ranken zeigen, ist oft geradezu überraschend. Ich erinnere hier nur an den wilden Wein (Ampelopsis hederacea). Hier geht den Ranken die Fähigkeit völlig ab, sich wie die Weinrebe um dünne Stützen zu winden. Dafür besitzen sie aber einen ganz ausgesprochenen Apheliotropismus d. h. sie suchen sich dem Einflusse des Lichtes möglichst zu entziehen und werden dadurch mit der Mauer, in deren Nähe der Stock gepflanzt wurde, oder im wilden Zustande mit der Felswand, dem Baume rc., in deren Nähe er aufwuchs, in Berührung gebracht. So wie nun aber die Spitzen der eingerollten Rankenzweige den festen Körper berühren, schwellen sie polsterförmig an. Zunächst scheidet das Polster eine klebrige Masse aus, die ein Anhaften der Zweigspitzen bewirkt, später aber breitet es sich immer mehr aus und wird zu einer Scheibe, die innig mit der Oberfläche des betreffenden Gegenstandes (der Mauer, des Felsen rc.) verwächst. Ist dies geschehen und ein Abreißen nicht mehr möglich, so rollt sich die Ranke ebenfalls ein und zieht den Stengel zur Stütze hin. Schließlich verholzt sie noch und erreicht dadurch eine ganz wunderbare Festigkeit. So wird es der Pflanze möglich, auch wenn sie mehr als hundert Fuß in die Höhe klimmt, sich trotz ihres alljährlich zunehmenden Gewichtes an ihrer Stütze fest und sicher und für ihre Vegetation in der denkbar günstigsten Lage zu erhalten. Ranken, die keine Stütze zum Anhaften finden, sterben bald ab und trocknen zu dünnen Fäden zusammen. Der Epheu klettert scheinbar ganz in derselben Weise wie der wilde Wein, in Wirklichkeit ist aber die Anpassung eine ganz andere, da bei ihm nicht Ranken, sondern Haftwurzeln die Rolle der Kletterorgane übernehmen. Im übrigen verwachsen aber diese Wurzeln genau in gleicher Weise mit ihrer Stütze, wie es von dem wilden Weine beschrieben wurde. Hiermit sind aber die Mittel schwachstengeliger Pflanzen, ihre fruchtbaren Zweige emporzuheben, noch keineswegs erschöpft. Viele erreichen diesen Zweck schon dadurch, daß sie ihre langen Triebe über benachbarte Pflanzen hinweghängen oder daß sie sich mittelst rückwärtsgekrümmter Stacheln an ihnen festhalten. Letzteres thun die Kletterrosen, die Brombeeren, die Kletterpalmen.

Für eine große Anzahl von Pflanzen ist es bezüglich ihrer Erhaltung in hohem Grade vorteilhaft, den Platz, den sie einmal im Boden für sich eingenommen haben, zu behaupten, ohne doch — wie die Holzgewächse — bedeutende Holzmassen erzeugen zu müssen. Sie erreichen dies dadurch, daß sie unter der Erde ausdauern oder perennieren. Im Herbste oder am Anfange des Winters sterben nur die oberirdischen Sprosse ab, die unterirdischen aber bewahren in ihrer Gesamtheit oder auch nur in einzelnen Teilen die Lebenskraft den Winter hindurch, um mit dem Wiedererwachen

der Natur im Frühlinge abermals oberirdische Sprosse zu entwickeln, welche assimilieren, blühen, Samen tragen und endlich wiederum zu Grunde gehen. Das Perennieren hat für die betreffenden Pflanzen sehr bedeutende Vorteile. Sie brauchen nicht mehr alljährlich einen neuen Standort zu suchen und vermögen mittelst der im Sommer angehäuften Reservestoffe beim Wiedereintritte der Vegetation sofort starke und kräftige Sprosse hervorzutreiben, welche von benachbarten Pflanzen nicht so leicht niedergehalten werden. Die Kältewirkungen, selbst wenn sie lange andauern, und die oft bedeutenden Temperaturschwankungen beim Wechsel der Jahreszeiten lassen sie ungefährdet, da sich dieselben an den unterirdischen Pflanzenteilen nur ganz allmählich und deshalb kaum jemals in schädigender Weise geltend machen können. Dazu kommt nun aber noch, daß sie auch dann erhalten bleiben, wenn infolge ungünstiger Sommer oder wegen früh einfallenden Frostes die Blüten Jahre hindurch nicht imstande waren, Früchte mit keimfähigen Samen zu entwickeln. Aus letzterem Grunde besonders perennieren sehr viele Hochgebirgs- bez. Polarpflanzen. Auch an trocknen Plätzen haben perennierende Pflanzen eine größere Aussicht, erhalten zu bleiben, als einjährige, da letztere nicht so leicht zur Keimung kommen oder, falls sie gekeimt, mit ihren Wurzeln schwieriger in die feuchtere Tiefe gelangen können. Die Mittel, mit denen das Perennieren erreicht wird, sind ebenfalls höchst verschiedenartig.

Zuweilen sind es unterirdische Sprosse, in denen sich die Reservestoffe ablagern und welche seinerzeit wie bei den Gräsern selbst über die Erde hervortreten oder wie die Schachtelhalme ihre oberirdischen Stengel aus Seitenknospen hervorgehen lassen. Sehr oft stellen sie aber auch dicke, kräftige Stämme dar (viele Farne und eine große Zahl Dikotyledonen), aus denen alljährlich an demselben Platze die oberirdischen Pflanzenteile entstehen. In den eben erwähnten Fällen dauert der alte Stengel aus; in anderen, wie bei der Kartoffel, dem Topinambur, der Herbstzeitlose, tritt alljährlich eine Erneuerung der ganzen Pflanze ein. Während bei den letztgenannten Pflanzen die Reservestoffe sich in den unterirdischen Stengelteilen ansammeln, sammeln sie sich bei der Georgine, der Zaunrübe, dem Hopfen in den anschwellenden Wurzeln, welche mit den die Ersatzknospen tragenden Achsenteilen in Verbindung bleiben, bei der Küchenzwiebel aber in den untersten Teilen der Blattscheiden der Laubblätter an, die nach dem Absterben der oberen Blattteile den Winter überdauern.

Welche mannigfachen Anpassungen viele Pflanzen erlangt haben zu dem Zwecke, die Selbstbestäubung zu verhindern, die Fremdbestäubung dagegen zu fördern, ja wie sie nicht selten Einrichtungen gewonnen haben, die bestimmten tierischen Bestäubungsvermittlern geradezu angepaßt sind, wurde wiederholt berührt. Ebenso war auch schon von den Verbreitungsausrüstungen der Samen und Früchte an verschiedene Verbreitungsagentien die Rede — ebenfalls Einrichtungen, welche nur durch Anpassung im Kampfe ums Dasein gewonnen sein können.

Daß der Zweck mancher Anpassung nicht immer gleich auf der Hand liegt, sondern zuweilen recht sorgfältige Beobachtung erfordert, um verständlich zu werden, zeigt ein Beispiel, das Prof. Hanstein (nach Sachs Lehrbuch 4. Aufl. S. 915) mitteilt. „Die Frucht des Reiherschnabels von Candia (Erodium gruinum) und anderer Storchschnabelgewächse löst sich in fünf

Teilfrüchte (Mericarpien) auf, deren jede einen unten zugespitzten Kegel darstellt, der den Samen enthält und oben eine lange Granne trägt; im feuchten Zustande ist diese gerade ausgestreckt; trocknet sie nun, auf dem Erdreich liegend, aus, so zieht sich die Außenseite der Granne stärker zusammen, das obere Ende beschreibt einen sichelförmigen Bogen und stemmt sich mit der Spitze auf den Boden, wobei der Kegel sich auf seine untere Spitze stellt; der untere Teil der Granne beginnt nun sich in enge Schraubenwindungen zusammenzuziehen, wobei der Kegel sich um seine Achse dreht und in den Boden eingebohrt wird; die an ihm sitzenden etwas aufgerichteten Haare halten ihn hier wie Widerhaken fest; nach dem Eindringen des Kegels bohrt sich nun auch der korkzieherartige Teil der Granne selbst ein, seinen samenhaltigen Teil immer tiefer in den Boden hineintreibend. Wird das Ganze von neuem befeuchtet, so sucht sich die Schraube zu strecken, ihre Windungen aber stemmen sich, aufwärts unterstützt von den auf der Konvexität stehenden Haaren, an die Bodenteile, so daß auch diese Bewegung dazu beiträgt, den untern Kegel noch tiefer in den Boden hinein zu treiben; der Mechanismus wirkt also bei zu- und abnehmender Bodenfeuchtigkeit in gleichem Sinne, um den samenhaltigen Teil der Schließfrucht in die Erde zu bringen."

5. Die Abstammungs-(Descendenz-)theorie.

Die in den letzten Abschnitten vorgeführten Thatsachen und Folgerungen bilden die Grundlage von der sogenannten Abstammungs- oder Descendenztheorie. Darunter verstehen wir die Annahme, daß gleich der Tierwelt auch die gesamte Pflanzenwelt, welche heutzutage in größter Mannigfaltigkeit die Erde bekleidet, im Laufe unendlich langer Zeiträume aus einigen wenigen oder auch nur aus einer einzigen einfachen Form hervorgegangen sei.

Diese Theorie ist nicht neu. Wir finden sie bereits Anfang dieses Jahrhunderts bei Lamarck, und später bei Geoffroy St. Hilaire. Eine allgemeine Verbreitung erlangte sie aber erst durch unseren großen Zeitgenossen, den Engländer Charles Darwin, und zwar dadurch, daß dieser den Kampf ums Dasein, oder mit anderen Worten die feindlichen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Organismen als Thatsache feststellte, aber zugleich auch nachwies, daß dieser Kampf die eigentliche Ursache sei, welche die Fortentwicklung vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren, vom Unvollkommenen zum Vollkommeneren bedinge, indem er auf Erhaltung und Fortbildung günstiger und auf Vernichtung ungünstig organisierter Varietäten hinwirke. Wie früher schon angedeutet, sind nach dieser Theorie alle Pflanzen miteinander verwandt, aber nicht etwa nur im bildlichen, sondern im wirklichen Sinne: sie sind blutsverwandt — wenn auch in verschiedenen Graden; und die mannigfachen Verschiedenheiten, welche uns im Pflanzenreiche entgegentreten, sind einzig und allein nur dadurch entstanden, daß die Nachkommen der zuerst vorhandenen Formen (die ihre Enstehung einer Urzeugung verdanken müssen) abänderten, daß deren Nachkommen fortfuhren, abzuändern und in verschiedener Weise abänderten und daß sich an den verschiedenen Abänderungen unter verschiedenen klimatischen und Bodeneinflüssen und unter

den endlos verschiedenen Verhältnissen, die der Kampf ums Dasein herbeiführte, nach und nach immer bedeutendere Steigerungen geltend machten. Bei dieser verschiedenartigen Ausbildung bez. Umbildung früherer Pflanzengeschlechter in spätere bez. die jetzigen mußten nach und nach aber auch zahllose Varietäten, Arten und Gattungen wieder untergehen, weil sie unter veränderten Lebensbedingungen den Kampf mit den besser angepaßten Arten nicht mehr zu bestehen vermochten.

Keine andere Theorie ist imstande, in so einfacher Weise wie die Descendenztheorie die verschiedenen Beziehungen der Pflanzen untereinander, zu den Tieren und zu geologischen und paläontologischen Thatsachen zu erklären, und dabei setzt sie weiter nichts voraus als, 1) die Neigung abzuändern, verbunden mit der Erblichkeit der betreffenden Abänderungen und 2) den ununterbrochen andauernden Kampf ums Dasein, welcher die mit vorteilhaften Eigenschaften begabten Formen fortbestehen läßt, aber die unvorteilhaft ausgerüsteten zerstört. Beide Voraussetzungen lassen sich mit unzähligen Thatsachen belegen. Nur eins ist in der Abstammungstheorie hypothetisch, nämlich die weitere Voraussetzung, daß die Summe der Abänderungen in beliebig langen Zeiträumen eine beliebig große zu werden vermöge. Wenigstens läßt sich dieselbe nicht unmittelbar beweisen.

Vom Standpunkte der Descendenztheorie aus betrachtet muß das natürliche Pflanzensystem die Abstammungsverhältnisse der Pflanzen darlegen. „Eine Species besteht aus allen Varietäten, die aus einer alten Stammform zuletzt hervorgingen, eine Gattung aus allen Species, die aus einer alten Stammform entstanden und im Laufe der Zeiten sich weiter differenzierten (also immer verschiedenartiger ausbildeten), eine Familie umfaßt die Gattungen, die aus einer noch älteren Stammform durch Variation hervorgingen, die erste Stammform für die Klassen einer Gruppe gehört einer noch älteren Vergangenheit an, und schließlich muß es eine Zeit gegeben haben, wo die ersten Pflanzen den Anfang der ganzen Entwicklungsweise machten und durch ihre variierenden Nachkommen die Urtypen der spätern Formen wurden." (Sachs a. a. O.). Man könnte infolgedessen das natürliche System in Form eines Stammbaums aufstellen, indem man die Verwandtschaftsbeziehungen der Klassen und Gruppen des Pflanzenreichs durch Linien markierte, die sich je nach den Verwandtschaften aneinander schlössen, wodurch ein System divergierender Linien, einem unregelmäßig ausgebildeten Verzweigungssysteme entsprechend, entstehen würde. Vielfach ist eine solche Aufstellung schon versucht worden, ohne aber eine weitere Anerkennung gefunden zu haben, weil die wirklichen Verwandtschaften noch zu wenig bekannt sind und infolgedessen bis jetzt der Phantasie und dem persönlichen Ermessen des Aufstellers ein zu großer Spielraum gelassen war.

Siebentes Kapitel.

Die Pflanzenwelt in den früheren Perioden unseres Erdkörpers.

Untersuchen wir den Erdboden, der den Wohnplatz für die Pflanzen, wie auch für Tier und Mensch bildet, näher, so stellt sich heraus, daß derselbe aus zahlreichen übereinander liegenden Gesteinsschichten besteht, die im Laufe unendlicher Zeiträume, eine über der anderen, abgelagert worden sind. Der Natur der Sache nach müssen die tieferen davon die älteren, die höher gelegenen die jüngeren sein. Die jüngsten und neuesten dieser Schichten aber werden noch fortdauernd vor unseren Augen gebildet, und zwar — ganz ebenso, wie es auch früher geschehen sein muß — durch Absätze aus Flüssen und Meeren.

Die erwähnten Schichten schließen fast stets eine größere Menge pflanzlicher oder tierischer Überreste ein. Dieselben gehören natürlich nur solchen Pflanzen bez. Tieren an, die zur Zeit ihrer Bildung lebten und die zufällig mit eingebettet wurden. Viele von diesen Einschlüssen sind ganz wohl erhalten, andere freilich lassen kaum die Natur des Wesens mehr erraten, dem sie angehörten. Es kann dies auch kaum anders sein. Weiche, leicht zersetzbare und deshalb sehr vergängliche Organismen sind uns seltener und dann nur in ihrer äußeren Form, große, umfängliche nur in Bruchstücken überliefert worden. Ja, diese Bruchstücke, wie z. B. die Stämme, Zweige, Blätter und Früchte fossiler Pflanzen, liegen selten beieinander, und selbst wenn dies der Fall sein sollte, so ist es immer noch schwierig, wo nicht unmöglich, ihre Zusammengehörigkeit sicher zu erweisen. Trotz alledem aber können wir uns aus den betreffenden Funden ein Bild von der Pflanzen- bez. Tierwelt konstruieren, die zur Bildungszeit jener Schichten die Erde bevölkerte, und die gesamten Erdschichten in ihrer Reihenfolge vereinigen sich vor unserem Geiste zu einem Buche, in dem die Erde selbst Nachricht giebt von den mannigfachen Pflanzen- und Tiergeschlechtern, welche sie nach und nach bewohnten und welche sich auf ihr in dem Kampfe ums Dasein allmählich ablösten, zu einem Buche, in das sie also gewissermaßen selbst ihre Geschichte eingeschrieben hat.

Was nun die Zustände betrifft, in denen die vorzeitlichen Pflanzen, von denen vorzugsweise die Rede sein soll, erhalten wurden, so stellen sie oft bloße Abdrücke bez. Abgüsse dar. Von den Pflanzen selbst ist dann nichts weiter verblieben, als die Form bez. das Bild. So bewahren uns die Platten der mit den Steinkohlenschichten wechsellagernden Thonschiefer

die naturgetreuen Abbilder der Blätter von den Gefäßkryptogamen auf, die zur Zeit der Kohleablagerung lebten und aus denen wie aus deren zugehörigen Stämmen die Kohle entstanden ist. Andernfalls kam nur die Pflanzensubstanz auf uns, aber ohne daß etwas von der äußeren Gestalt oder von dem inneren Gefüge derselben erhalten blieb, wie in der Steinkohle, dem Anthracit und wahrscheinlich auch dem Graphit. In einem dritten Falle endlich zeigt die Pflanzensubstanz noch ihren zelligen Bau; die Zellwände haben ihren Verkohlungsprozeß bereits begonnen, sind aber trotzdem noch deutlich erkennbar, wie in der Braunkohle oder im Torf, oder aber es haben sich die Zellstoffmoleküle der Zellhaut durch Kieselmoleküle ersetzt und die Zellräume selbst mit Kieselerde ausgefüllt, wie bei den verkieselten Hölzern.

Die organischen Reste, die sich in den Erdschichten vorfinden, gehören um so einfacheren Organismen an, je tiefer die Schichten liegen und je älter sie demgemäß sind; um so komplizierteren, vollkommeneren, je jünger sie sind.

Die ältesten Gesteine enthalten keine erkennbaren Pflanzen- bez. Tierreste. Man darf daraus aber keineswegs schließen, daß es zur Zeit der Bildung derselben noch keine Pflanzen bez. Tiere gegeben hat. Vielmehr haben wir in dem Bitumengehalte einiger in den ältesten Schichten abgelagerter Gesteine, in dem Vorkommen von Anthracit und Asphalt, die doch nur durch Zersetzung pflanzlicher bez. tierischer Gebilde entstanden sein können, vor allem aber in den zahlreichen Graphitlagern*) dieser Schichten Anhaltpunkte genug für die Annahme des Gegenteils, also dafür, daß es auch zur Zeit der Ablagerung der ältesten Schichten bereits pflanzliche Organismen gegeben hat, die uns nur nicht in einem erkennbaren Zustande übermittelt worden sind. Wie und wann die erste Pflanze entstand, ist uns ein Rätsel und wird es wohl auch bleiben. Jedenfalls entstand sie aber schon zu einer Zeit, wo das Festland noch im Schooße des Meeres begraben lag. Die ersten Pflanzen mußten Wasserpflanzen sein. Später, als vulkanische Kräfte mittelst der gewaltigen Spannung von Wasserdämpfen das feste Land allmählich über den Meeresspiegel erhoben, müssen zunächst Sumpfpflanzen entstanden sein, bis endlich nach weiterer Erhebung die Möglichkeit gegeben war, die mannigfaltigen und lieblichen Pflanzengestalten zu entwickeln, welche uns jetzt erfreuen.

Beginnen wir mit den untersten Erdschichten und unterziehen wir, von da bis zu den jüngstgebildeten aufsteigend, die Pflanzenreste einer sorgfältigen Betrachtung, so durchlaufen wir eine Reihe von Floren, deren allgemeines Aussehen fortwährend Änderungen erfährt, aber ohne daß es uns möglich wäre, anzugeben, wo die eine aufhört und die andere beginnt. Jede Pflanzenart ist ebenso wie jede Tierart immer nur auf eine Reihe Erdschichten beschränkt und findet sich weder höher noch tiefer. Gewöhnlich tritt sie in den untersten dieser Schichten ganz vereinzelt auf, erreicht dann eine gewisse Häufigkeit und wird schließlich wieder seltener. Von den jetzt lebenden ist sie stets um so mehr verschieden, je tieferen Schichten sie entstammt; sie wird ihnen aber um so ähnlicher, je mehr sich ihre Einschlußschichten den neuestgebildeten nähern. Während die Pflanzen der ältesten

*) Dieselben stellen doch wohl nichts Anderes dar, als das Endprodukt der Verkohlung angesammelter Pflanzenmassen.

Schichten längst ausgestorbenen Geschlechtern angehören, stimmen die der jüngsten mit der heutigen Pflanzenwelt vollständig überein.

Je nachdem die organischen Reste, welche von einer Anzahl Schichten eingeschlossen werden, einen im wesentlichen gleichen Gesamtcharakter zeigen, hat man die Schichten zu einer Formation zusammengefaßt. Diesen Formationen müssen naturgemäß ebensoviele Perioden in der Entwickelungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner entsprechen. Sowie man nun aber wieder verschiedene solcher Formationen zu Formationsgruppen zusammenfaßte, so hat man die den Formationsgruppen entsprechenden Perioden wieder zu Weltaltern vereinigt.

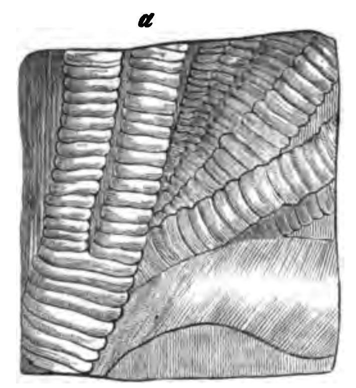
Man unterscheidet nämlich:

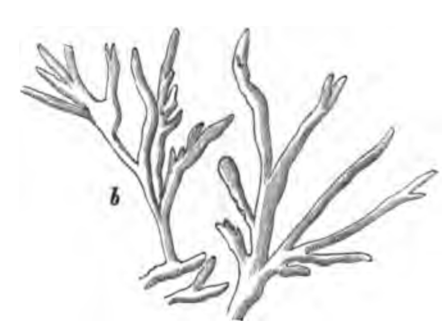
I. ein azoisches,
II. ein paläozoisches,
III. ein mesozoisches,
IV. ein känozoisches Weltalter.

Im ersten kamen die laurentische Gneis- und die huronische Schieferformation zur Ablagerung,
im zweiten die Silur-, Devon-, Steinkohlen- und Dyasformation,
im dritten die Trias-, Jura-, Kreideformation,
im vierten das Tertiär, Diluvium und Alluvium.

In der Entwicklung speciell des Pflanzenreichs nehmen wir aber mit Schimper vier Epochen an, welche die vier Reiche der Meertange, der Gefäßkryptogamen, der Gymnospermen und der Angiospermen umfassen.

Die erste Epoche, das Reich der Tange, beginnt mit der Entwicklung der ersten Pflanzen im Urmeere und reicht bis zu den Schichten des unteren Devon. Die sämtlichen in dem bezeichneten Schichtenraume gefundenen Pflanzen sind Meeresalgen oder Tange. Landpflanzen waren entweder noch gar nicht oder nur in den ersten Anfängen vorhanden. Deutliche pflanzliche Überreste bietet zuerst die huronische Schieferformation in Resten der Fucoideen-Gattung Oldhamia (O. antiqua und O. radiata); aber dieselben



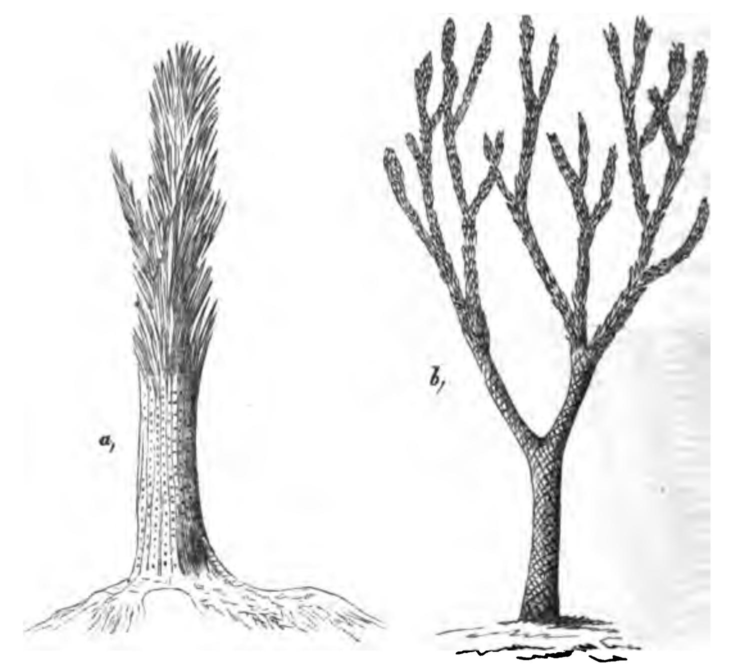


Figur 166. Tangreste aus dem Silur: a. Arthrophycus Harlani, b. Chondrites antiquus.

sind noch sehr vereinzelt. Häufiger werden Tangreste im Silur: Hier sind es besonders die Gattungen Dictyonema, Chondrites und vor allem Arthrophycus (Figur 166), die in verschiedenen Species eine ziemliche Verbreitung

gehabt haben müssen. Auch das untere Devon enthält dergleichen noch reichlich; besonders erlangen, trotz schlechter Erhaltung, **Halyserites Dechenianus** in gewissen Zonen des rheinischen Thonschiefers und **Fucoides caudagalli** in den älteren Devonischen Sandsteinen New-Yorks eine gewisse Bedeutung durch die Häufigkeit ihrer Individuen. Auf eine große Individuenzahl der vorhandenen wenigen Formen lassen auch die Graphit-, bez. Graphitschieferflötze der laurentischen wie huronischen, ferner die Anthracitflötze der silurischen Formation schließen. Von unseren jetzigen stehen diese fossilen Tange weit ab.

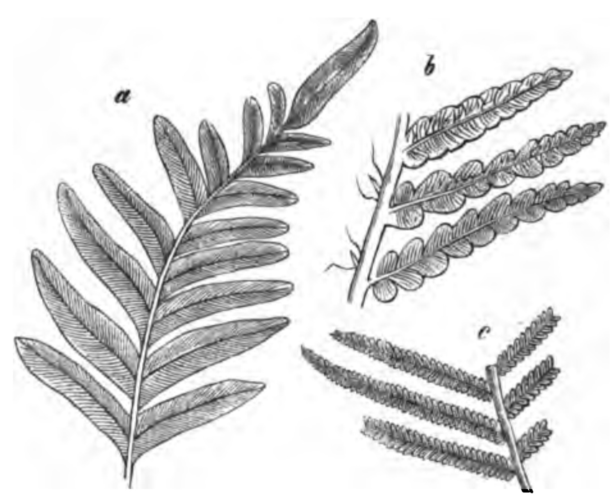
Die zweite Epoche, das Reich der Gefäßkryptogamen, umfaßt die mittleren und oberen Schichten des Devon, ferner die ganze Steinkohlenformation; ja sie greift noch in die unteren Schichten des Dyas hinein. Die vorherrschenden Typen sind Gefäßkryptogamen; nur vereinzelt mischen sich einige Gymnospermen darunter. Von kleinen Anfängen im Devon beginnend zeigen die Gefäßkryptogamen in der Steinkohlenperiode bereits eine ungewöhnlich reiche Entwicklung. Ihre Hauptrepräsentanten sind riesige Schachtelhalmgewächse, zur Gattung **Calamites** gehörig, mit aus kegelförmiger Wurzel entspringenden dicken, hohlen, enggegliederten Stämmen, welche ringsum mit wirtelförmig gestellten Ästen besetzt waren, die in gleicher Weise angeordnete Blätter trugen; ferner die am Grunde viereckigen, ohne Verzweigung bis zu einer Höhe von etwa 18 Meter sich erhebenden Siegelbäume



Figur 167. a. Brauns Siegelbaum (**Sigillaria Brownii Daws**). b. Schuppenbaum (**Lepidodendron**) (n. Grebner).

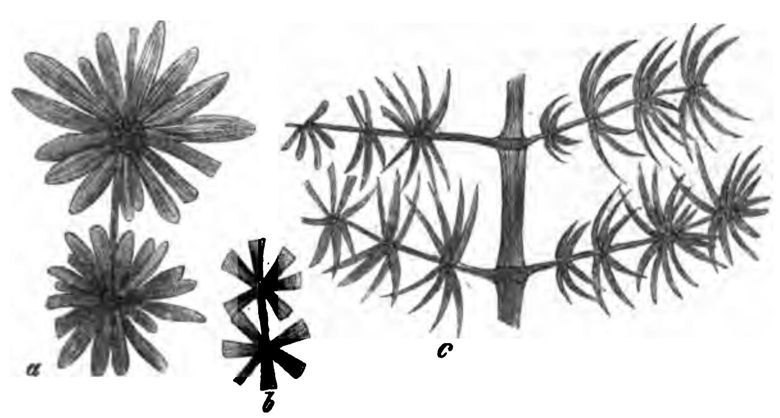
(Sigillaria) mit der von zahlreichen Längsreihen schildförmiger Blattnarben bedeckten Rinde; dann die vielfach gabelig geteilten, bis 30 Meter hohen und etwa 4 Meter dicken Schuppenbäume (Lepidodendron) mit ganz ähnlichen

Blattnarben an ihrem Umfange Figur 167; vor allem aber die mancherlei Farnkräuter in Baum- und Strauchform mit herrlichen, bis 1/8 Meter langen, feinfiederigen Wedeln (am verbreitetsten und artenreichsten waren die Gattungen Sphenopteris, Neuropteris, Odontopteris, Pecopteris, Cyclopteris, Alethopteris, Figur 168). Dazu gesellten sich noch eine Anzahl niedrigerer Gewächse, die im Schatten und unter dem Schutze jener wucherten.



Figur 168. Farne aus der Steinkohle: a. Alethopteris lonchitidis, b. Odontopteris Schlotheimii, c. Pecopteris arborescens (n. Credner).

Bis jetzt hat man in der Steinkohlenperiode, dem Höhepunkte der Entwicklung des Gefäßkryptogamenreichs, 750 verschiedene Arten von Pflanzen unterschieden. Es muß aber bemerkt werden, daß sich darunter noch mehrere Namen befinden, die nicht selbständigen Pflanzen, sondern nur verschiedenen Pflanzenteilen einer und derselben Pflanze zukommen. So gilt es jetzt z. B. so ziemlich als ausgemacht, daß die Pflanzenformen, welche man als Sternblatt (Asterophyllites), Keilblatt (Sphenophyllum) und Ringpflanze



Figur 169. a. Annularia fertilis, b. Sphenophyllum Schlotheimii, c. Asterophyllites foliosus (n. Credner).

(Annularia) (Figur 169) bezeichnet, zum großen Teile nichts Anderes sind, als die mit wirtelständigen Blättern besetzten Zweige von Calamiten; daß ferner die Stigmarien die Wurzeläste von den Siegelbäumen darstellen u. s. w.

Die Zahl von 750 verschiedenen Pflanzenresten ist aber eine geringe, wenn man bedenkt, daß die betreffenden Pflanzen über die ganze Erde verbreitet waren und ferner danebenstellt, daß gegenwärtig in dem kleinen Europa allein 11000 Pflanzenarten, darunter nicht weniger als 6000 Blütenpflanzen, vorkommen.

Alle jene Pflanzengeschlechter bilden, vielleicht unter Anteilnahme von Meeresalgen, jetzt die kostbaren Lager der Steinkohle. Beim Verkohlungsprozeß verloren sie allerdings jede Spur pflanzlicher Struktur, aber die begleitenden Erdschichten hinterließen uns getreue Bilder von der Oberfläche ihrer Stämme oder von ihren beblätterten Zweigen bez. ihren Wedeln.

In großer Schönheit ist uns aber durch Verkieselung die Struktur von baumartigen Farnen wie von Koniferen-Stammstücken im unteren Dyas erhalten worden. Die ersteren, von welchen die Gefäßbündel in verschiedenfarbigen Quarz umgebildet wurden, stellen die in der Umgegend von Chemnitz u. a. a. O. aufgefundenen Staarsteine dar.

Von den Pflanzengeschlechtern der zweiten Epoche haben wir wohl noch Vertreter in der heutigen Pflanzenwelt, aber nur solche, die von jenen Stammpflanzen in ihren Merkmalen gänzlich abweichen; alle Gefäßkryptogamen haben bedeutende Umänderungen erfahren. Die Schachtelhalme (Kalamiten) und Bärlappe (Siegel- und Schuppenbäume), welche in der Steinkohlenzeit ansehnliche Stämme bildeten, sind jetzt zu zwergenhaften Kräutern herabgesunken: einzelne Farne entwickeln in Australien zwar heutzutage noch Stämme; diese sind aber im übrigen so verschieden von den damals lebenden, daß man sie unmöglich in die gleichen Gruppen mit ihnen stellen kann. Die neben den Gefäßkryptogamen in der Steinkohle und dem unteren Dyas auftretenden Gymnospermen sind Zapfenpalmen (Cycadeen) und Koniferen. Von diesen stimmen die Cycadeen auch nicht mehr mit den heutigen Arten überein: nur die Koniferen haben noch einige Merkmale mit den gegenwärtig in Südamerika bez. auf dem australischen Festlande lebenden Araucarien gemein.

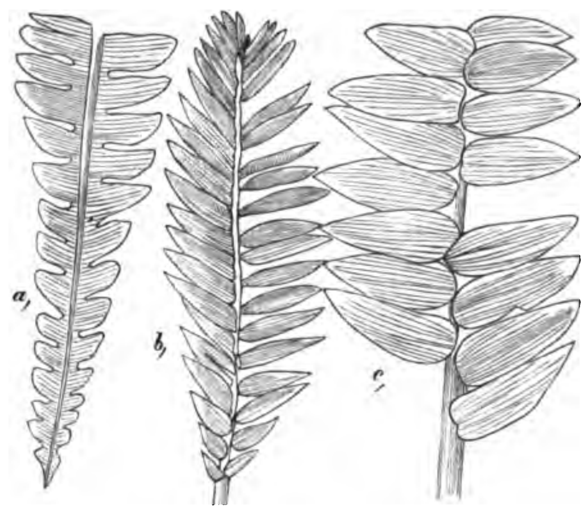
Die Landschaften der Erdperioden, wo die Gefäßkryptogamen im Pflanzenreiche die herrschenden Formen waren, müssen im höchsten Grade eintönig gewesen sein; überall — vom Äquator bis zum Pol — derselbe Pflanzentypus, dieselben oder ähnliche Gestalten. Blütenpflanzen in unserem Sinne fehlten noch vollständig. Die Anfänge, welche nach dieser Beziehung hin die Gymnospermen zeigten, konnten kaum bemerkbar sein.

In der untern Dyas, dem Rotliegenden, beginnt die dritte Epoche des Pflanzenreichs, das Reich der Gymnospermen. Es umfaßt außer der Dyas auch die Trias und den Jura.

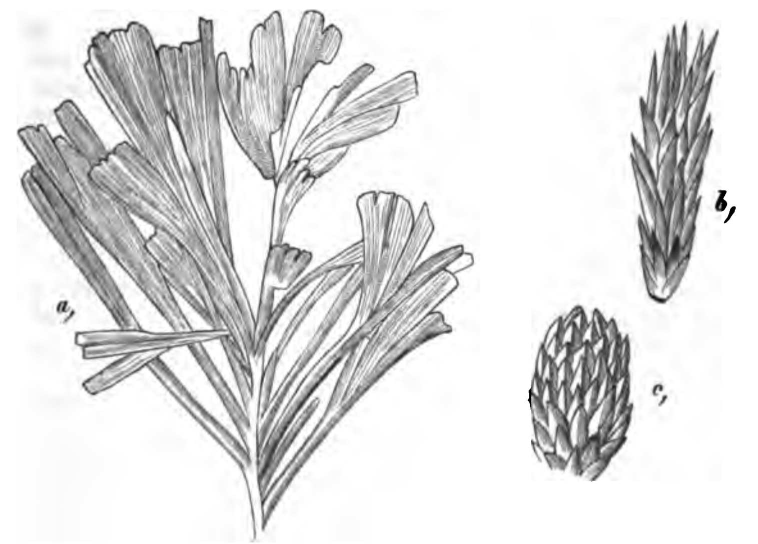
Von den Nadelhölzern, die ja schon in der Steinkohle und im Rotliegenden eine nicht unbedeutende Entwicklung gefunden hatten, erlangten eine besondere Verbreitung die seltsamen Zapfenpalmen (Cycadeen), welche gewissermaßen die Mitte zwischen Farnen, Palmen und Nadelbäumen halten.

Von den Farnen besaßen sie den gefiederten, in der Knospenlage spiralig eingerollten Wedel, von den Palmen den ähnlich gebauten säulenartigen Schaft, von den Nadelhölzern endlich den Blütenbau und die Fruchtentwicklung. Sie eröffneten ihre zahlreichen Reihen gerade zu der Zeit, wo die charakteristische Flora der Steinkohle — die Dickichte der Siegel- und Schuppenbäume — verschwanden. Nur die Kalamiten bestanden noch eine Zeit

lang mit ihnen zugleich fort; ja sie rafften gewissermaßen noch einmal alle Kräfte zusammen, um besonders riesige Formen zu erzeugen (Calamites gigas), starben aber in der Trias ebenfalls vollständig aus. Neben jenen riesigen Kalamiten traten bereits echte Schachtelhalme (Equisetites) auf, aber als krautartige Gewächse, zu denen im Buntsandstein auch die meisten Baumfarne herabsanken. Trotzdem entwickelten die Farne eine Anzahl ganz neuer und von den vorhandenen verschiedener Geschlechter. Am Ende der Epoche, im Jura, beherrschten schließlich Zapfenpalmen und Nadelhölzer (Figur 170, 171) ganz allein



Figur 170. Zapfenpalmen (Cycadeen) aus dem Jura: a. Pterozamites comptus, unterer Teil des Blattes; b. Zamites Moreauanus Brongt., vollständiger Wedel aus dem Korallenkalke; c. Otozamites decorus Sap., oben abgebrochener Wedel (n. Saporta).



Figur 171. Koniferen aus dem Jura: a. Gingkophyllum Grasseti Sap., Zweig mit Blättern; b. Ulmannia frumentaria, Zweig; c. von demselben ein Zapfen*) (n. Saporta).

die Physiognomie der Pflanzenwelt. Sie bildeten Wälder, in denen Farne

*) Die Abdrücke der Zweige und Früchte dieser Konifere bezeichnet man sehr häufig als Frankenberger Kornähren.

und echte Schachtelhalme das Unterholz ausmachten. Daß dieselben nicht unbedeutend gewesen sein müssen, zeigen die mannigfachen Kohlenablagerungen jener Zeit. Mit dem Schwinden der Kalamiten und dem Seltenerwerden der Baumfarne stellten sich in der Trias Monokotylen ein und zwar in pandanusähnlichen Formen. Im schwarzen Jura traten rohrkolbenartige Gewächse, Nixkräuter, Cypergräser und Schilfrohr dazu, die wahrscheinlich die Ufer damaliger Gewässer umsäumten.

Ähnlich wie im Dyas vermindern sich im braunen und weißen Jura die Pflanzenreste; die Pflanzenwelt scheint ärmer geworden, die Erde einer gewissen Erschöpfung anheim gefallen zu sein.

Die vierte Epoche, das Reich der Angiospermen, beginnt mit der Kreideperiode und dauert heutigen Tages noch fort. Die Angiospermen, die in der vorigen Epoche vereinzelt erschienen, gewinnen hier entschieden das Übergewicht. Dieselben zerfallen in zwei Abteilungen: die Monokotylen und Dikotylen. Da wir im großen und ganzen in der Geschichte der Pflanzenwelt ein Aufsteigen vom Niederen zum Höheren beobachten, so sollte man meinen, es müßten nach den Gymnospermen zunächst die Monokotylen ihre größte Ausdehnung erreichen. Aber dem ist nicht so. Die Monokotylen sind in keiner geologischen Periode so reichlich vertreten, um etwa einen beherrschenden Einfluß auf deren Physiognomie geltend zu machen. Es sind von ihnen einige Palmen, Pandaneen und Gräser, von anderen Familien aber nur Proben, zum Teil auch wohl zweifelhafte, aufgefunden worden. Es mag dies mit daran liegen, daß in dieser Pflanzenabteilung nur wenige Geschlechter baumbildend sind und daß infolgedessen die übrigen das Schicksal aller anderen Kräuter geteilt haben werden, also untergegangen sind, ohne besonders merkbare Spuren zurückgelassen zu haben. Die zweite und höhere Abteilung der Angiospermen teilt man nach der Blätterbildung wieder in drei Unterabteilungen: Apetalae, Polypetalae und Monopetalae, welche etwa als Kelchblütler, Sternblütler und Glockenblütler bezeichnet werden können. Nach ihnen lassen sich ebenfalls drei Unterepochen bilden.

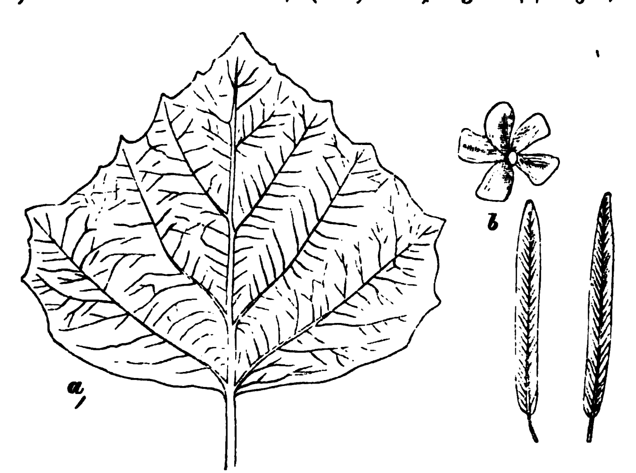
Die Unterepoche der Kelchblütler, d. h. der Pflanzen, welche entweder gar keine oder doch nur eine unentwickelte grüne und deshalb wenig auffällige Blütenhülle besitzen, begreift die Kreideformation und die unterste Schicht vom Tertiär, das Eocän (die Formation der neuen Morgenröte).

Von den zu Beginn dieser Epoche noch vorherrschenden Gymnospermen, den Cycadeen sowohl als den Nadelhölzern, starben allerdings nach und nach viele Typen aus, um anderen Platz zu machen; eine Anzahl sind aber doch bis auf uns gekommen, wenn sie sich auch in Gegenden zurückgezogen haben, deren Klima von dem ihrer ursprünglichen Schöpfungszeit nicht allzu weit entfernt sein mag. Das gilt z. B. im ausgedehntesten Maße von den Zapfenpalmen, dann von vielen Nadelbäumen, wie den Araucarien und Dacrydien der südlichen Erdhälfte, den Phyllocladus-Arten Neu-Seelands, den Salisburyen Japans, ferner von den ihnen sehr ähnlichen Kasuarinen. An Stelle der aussterbenden bez. ausgestorbenen Geschlechter traten die Laubbäume ein, eine ganze Reihe neuer Typen, also gleichsam neue Bildungsmotive darstellend.

Die Ufer des Kreidemeeres wurden noch von einigen Zapfenpalmen geschmückt, welche denen der Jurazeit ähnelten, aber auf den Charakter

der ganzen Landschaft hatten sie wenig Einfluß; derselbe wurde allein durch Nadelhölzer und immergrüne Laubhölzer bedingt. Der Typus der Nadelhölzer, die aus den ältesten Schöpfungszeiten stammen, aber nicht untergingen, sondern in jeder Periode immer wieder in neuer Pracht und größerer Mannigfaltigkeit erstanden, war hier in einer großen Fülle der Gattungen, aber noch mehr der Arten und Individuen vorhanden. Das baltische Gestade umsäumte der Bernsteinbaum (Peuce succinifera). Dichte Wälder wurden gebildet von Nadelhölzern aus den Gattungen der Kiefer, Fichte, Cypresse, des Lebensbaumes, Wachholders, der Sumpfcypresse, des Meerträubchens (Ephedra). Ihnen gesellten sich im Eocän weitere Kelchblütler hinzu: Maulbeer- und Lorbeergewächse, besonders aber verschiedene Kätzchenbäume, welche teilweise schon ein Übergewicht geltend zu machen begannen. Auch Sternblütler wie Aralien, Wasserlilien (Nymphaeen), Myrtengewächse, ja selbst Glockenblütler wie Heidegewächse, Apocyneen (Nerium) machten sich bereits bemerklich. Vergl. Fig. 172.

Die Unterepoche der Sternblütler, (d. h. derjenigen Pflanzen, welche Blüten mit vielblätterigen Blumenkronen erzeugen) umfaßt das Miocän, also den mittleren Teil der Tertiärformation. Dieselbe hat bereits einen sehr verschiedenartigen, komplicierten Charakter. Es liegt dies jedenfalls in der Herausbildung der Klimazonen, welche sich mehr und mehr geltend machten und welche die eigentümliche Mischung so verschiedenartiger Formen bedingten. Wir finden



Figur 172. a. Blatt von Platanus primaeva, b. Eocäner Oleander aus den Mergeln des Trocadero: Blüte und Blätter.

hier solche, die heutzutage Australien angehören, zugleich mit solchen, die zur Zeit in Indien oder wohl gar in Amerika vorkommen. Im Miocän wurden besonders die mächtigen Braunkohlenlager gebildet, die jetzt so ergiebige Ausbeute geben. Ihre Anwesenheit läßt darauf schließen, daß große Waldungen vorhanden waren, deren Holzstämme durch allmähliche Zersetzung zu Kohle wurden. Die Verkohlung ist hier aber durchaus nicht so weit vorgeschritten wie in der Steinkohle, da sich heute noch an den verkohlten Stämmen deutlich die Holzstruktur wahrnehmen läßt. Diese Holzstruktur zeigt uns zugleich, daß unsere deutschen (bez. böhmischen) Braunkohlenlager fast durchweg aus Nadelhölzern zusammengesetzt sind. Da in den zwischenliegenden, mergeligen, sandigen oder thonigen Schichten stets ein Menge von Laubblatt-Abdrücken gefunden werden, so müssen die Braunkohlenwälder mit Laubhölzern untermischt gewesen sein, vielleicht ähnlich wie heute, wo ja auch zwischen mächtig entwickelten Nadelbäumen im Nadelwalde hier und da dürftige Laubhölzer auftreten.

Unmöglich können aber die Nadelwälder jener Zeit die Einförmigkeit wie unsere jetzigen deutschen gezeigt haben, die in der Regel doch nur von einer oder wenigen Arten gebildet werden. Sie müssen vielmehr durch den reichen Wechsel der verschiedensten Gestalten (zählt man von ihnen doch 150 Arten) noch weit die jetzigen canadischen und asiatischen übertroffen haben. Das Harz von etlichen dieser Nadelhölzer ist, wie zuweilen noch heute der Kopal, vom Regen sehr oft in die Flüsse und von diesen ins Meer geführt worden. Aus dem Meere wurde es, natürlich verändert, von Zeit zu Zeit wieder ans Land gespült. Oder dasselbe liegt, allein oder mit seinen Erzeugern vereint, in der Erde begraben und wird aus dieser wieder ans Tageslicht befördert, um als Bernstein Verwendung zu finden.

Unter den Laubbäumen, die gegen Ende der Periode in den Wäldern Europas lebten, treten von den Kelchblütlern Eichen, Buchen, Birken, Erlen, Weiden auf, von den Sternblütlern Magnolien, Aralien, Rebengewächse, Myrten, Linden, ganz besonders aber Ahorne, Rhamneen und Terebinthen. Im Schatten derselben auf dem moosbedeckten, pilzreichen Waldboden sproßten Rhododendren, Azaleen und zierliche Heidekräuter. Die Hülsenfrüchtler waren schon in 150 Arten vertreten, darunter nicht weniger als 40 Cäsalpinien (Figur 173) mit bald unvollständigen oder fehlenden, bald vollständigen Blumenkronen. Glockenblütler gab es noch wenige, und diese wenigen zeigten noch eine entschiedene Neigung zur Teilung der Blumenkrone: sie gehörten den Primeln und Rachenblütlern, den Heidegewächsen, Winden, Ölbaumgewächsen, Korbblütlern 2c. an.


Figur 173. Zweig mit Früchten von Podogonium Knori, einer zu den Cäsalpinien gehörigen Hülsenpflanze, aus dem Miocän von Orningan (n. Saporta).

In der Unterepoche der Glockenblütler endlich traten anfangs nur eine kleine Zahl dem Miocän entstammender Pflanzen auf, welche sich aber bald vermehrten. Der indisch-australische Charakter der Flora unserer Gegenden schwand infolgedessen und machte einem anderen Platz, wie er vielleicht von der jetzigen nordamerikanischen Flora zur Schau getragen wird, bis schließlich die zur Zeit bei uns noch vorhandene Gestaltung und Verteilung der Gewächse Platz griff.

Nur in ganz groben Umrissen haben wir zu zeichnen versucht, wie sich die Pflanzenwelt nach und nach zu einem immer größeren Formenreichtume entwickelt hat. Es konnte auch kaum anders sein. Je mannigfaltiger die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche wurde und je verschiedenartiger sich die Wohnungsverhältnisse auf derselben gestalteten, desto mannigfaltiger und verschiedenartiger mußte sie werden. So ist es denn schließlich gekommen, daß in der Jetztzeit nicht bloß jeder Kontinent, jeder größere Landstrich, sondern Wälder und Felder, Wiesen und Steppen, Seen und Sümpfe ihre besondere Flora und dadurch auch ihre besondere Physiognomie erhalten haben.

Achtes Kapitel.

Pflanzengeographie.

1. Allgemeines.

„Ungleich ist der Teppich gewebt, welchen die blütenreiche Flora über den nackten Erdkörper ausbreitet: dichter, wo die Sonne höher an dem nie bewölkten Himmel emporsteigt; lockerer gegen die trägen Pole hin, wo der wiederkehrende Frost bald die entwickelte Knospe tötet, bald die reifende Frucht erhascht."

„Ist aber auch die Fülle des Lebens überall verbreitet, ist der Organismus auch unablässig bemüht, die durch den Tod entfesselten Elemente zu neuen Gestalten zu verbinden, so ist diese Fülle und ihre Erneuerung doch nach Verschiedenheit der Himmelstriche verschieden. Periodisch erstarrt die Natur in der kalten Zone; denn Flüssigkeit ist Bedingnis zum Leben. Tiere und Pflanzen (Laubmoose und andere Kryptogamen abgerechnet) liegen hier viele Monate hindurch im Winterschlafe vergraben. In einem großen Teile der Erde haben daher nur solche organische Wesen sich entwickeln können, welche einer beträchtlichen Entziehung von Wärmestoff widerstehen und ohne Blattorgane einer langen Unterbrechung der Lebensfunktionen fähig sind. Je näher dagegen den Tropen, desto mehr nimmt die Mannigfaltigkeit der Gestalten, Anmut der Form und des Farbengemisches, ewige Jugend und Kraft des organischen Lebens zu" (Alex. v. Humboldt).

Nach alledem will es scheinen, als ob die Wärme den Haupteinfluß bei der Verteilung der Pflanzen ausübe.

Wie mächtig ihre Wirkung ist, geht schon aus dem verschiedenzeitigen Eintreten der verschiedenen Epochen der jährlichen Vegetationsperiode an einer und derselben Pflanzenspecies hervor, je nachdem sie weiter nach Süden oder nach Norden vorkommt. Der Hollunder z. B., der sich bei Neapel bereits zwischen dem 1. und 15. Januar belaubt, belaubt sich bei Paris erst Mitte Februar, im Südosten Englands erst Mitte März; die Linde, die ihre Blätter bei Neapel Mitte März entfaltet, entfaltet sie im südlichen England Mitte April, bei Upsala erst zwischen dem 1. und 8. Mai. Ähnlich ists mit dem Eintreten der Blütezeit. Bei Parma blühen die gleichen Pflanzen

durchschnittlich 36½ Tag früher als bei Greifswalde. Es entspricht somit jeder der zwischenliegenden Breitegrade einem Unterschiede von 4 Tagen in der Blütenentwicklung.*)

Um die Wärmeverteilung und damit die Hauptbedingung der Pflanzenverteilung auf der Erdoberfläche genauer zu studieren, hat man an den verschiedensten Orten derselben Temperaturmessungen angestellt und aus den zu verschiedenen Stunden des Tages gemachten Beobachtungen die Mitteltemperatur dieses Tages, aus den Mitteltemperaturen aller Tage eines größeren Zeitabschnittes, eines Monates oder Jahres, die Mitteltemperatur des betreffenden Monates oder Jahres berechnet. Nach Humboldts Vorgange sind sodann auf der Karte die Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur durch Linien miteinander verbunden worden. Diese Linien, Isothermen genannt, sind innerhalb der Wendekreise den Breitengraden annähernd parallel, erfahren aber infolge verschiedenartiger Einflüsse später mannigfache Abweichungen.

Man könnte nun vielleicht meinen, die Mitteltemperatur eines Jahres müsse für den Pflanzenwuchs bestimmend sein; es müßten also die Orte unter gleichen Isothermen auch gleiche Pflanzen erzeugen oder doch zu erzeugen vermögen.

Doch dem ist nicht so. So hat beispielsweise bei Drontheim die norwegische Küste die gleiche mittlere Jahrestemperatur mit Orenburg (eine solche von 5 ° C.); allein während bei Drontheim der Fjord noch ganze Schiffsladungen Obst in den Handel liefert, bemerkt man bei Orenburg von Obstbäumen keine Spur mehr. Hingegen zeitigt aber hier die hohe Sommertemperatur im Freien Melonen und Arbusen, an welche dort gar nicht zu denken ist. Es kann also nicht so sehr auf die mittlere Temperatur des Jahres, als vielmehr auf die kürzerer Abschnitte, besonders auf die mittlere Temperatur des Sommers (für einjährige Gewächse), sowie auf die des Winters (für Holzgewächse) ankommen. Bei ein und derselben Jahrestemperatur können Sommer und Winter mild, es kann aber auch der Sommer heiß und der Winter sehr streng sein. Ersteres ist bei Drontheim, letzteres bei Orenburg der Fall, und daraus resultiert die große Verschiedenheit in der Vegetation der betreffenden Gegenden.

Wie die Orte gleicher mittlerer Jahrestemperaturen hat man auch die Orte gleicher mittlerer Sommer- und gleicher mittlerer Wintertemperaturen durch Linien verbunden und die ersteren Isotheren, die letzteren Isochimenen genannt. Die Isotheren steigen in der Regel von den Küsten nach dem Inneren der Kontinente zu in die Höhe, die Isochimenen hingegen sinken in gleicher Richtung und zwar stets um so stärker, je nördlicher sie liegen, so daß also nach dem Inneren der Kontinente zu die Orte gleicher Sommertemperatur im Verhältnis zu den Küstenorten viel weiter nördlich, dagegen aber die Orte gleicher Wintertemperatur viel weiter südlich liegen. An den Küsten müssen also viele unserer Holzgewächse, die eine weniger intensive Sommerwärme, aber einen milden Winter zu ihrem Fortbestehen nötig haben, weiter nach Norden vordringen, als im Inneren von Kontinenten, während

---

*) Diese Verspätung findet nach den Polen zu nicht gleichmäßig statt, sondern es werden die Unterschiede in den höhern Breitegraden für einen jeden derselben geringer.

dort wieder, wie das Beispiel von Orenburg zeigt, Sommergewächse gedeihen, die sich in den Küstengegenden mit einer verhältnismäßig weit niederern Sommertemperatur nicht zu entwickeln vermögen. Daß aber auch die mittlere Sommertemperatur es nicht allein ist, auf welcher das Gedeihen einjähriger Gewächse beruht, zeigt die Gerste. Dieselbe reift auf den Faröern unter dem 62° n. B. bei einer mittleren Sommertemperatur von 12,1° C., sowie bei Alten in Lappland unter dem 70. Breitengrade bei einer mittleren Sommertemperatur von 10° C., aber nicht mehr in Sibirien bei Irkutsk unter dem 62° n. Br., wo die Sommertemperatur 16° C. erreicht. Die Ursache hiervon liegt einfach darin, daß trotz der verhältnismäßig hohen mittleren Sommertemperatur die Gerste bei der kurzen Dauer des Sommers bei Irkutsk nicht die Wärmesumme erhält, die sie bis zu ihrer völligen Reife nötig hat.

Um die Wärmesumme zu finden, die eine Pflanze von der Keimung ab bis zur Reife bedarf, addiert man am besten diejenigen mittleren Tagestemperaturen, welche das Wärmeminimum, das die Pflanze zum Vegetieren unbedingt haben muß, überschreiten. Die Gerste, welche bei 5° C. ihren Keimungsprozeß beginnt, reift noch in Breiten, in denen sie die Wärmesumme von 1500° C. erhält, die mittlere Sommertemperatur mag sein, welche sie wolle.

Der Weizen, der erst bei 6° C. keimt, bedarf 2000° C. Wärmesumme; der Mais, der erst bei 16° C. vegetiert, verlangt 2500° C., der Weinstock hat, falls er süße Früchte bringen soll, von der Zeit an, wo das Wärmemittel 10° C. im Schatten ist, noch 2875° C. Wärmesumme nötig. Dagegen ist für verschiedene Alpen- bez. Polarpflanzen zur Blatt- und Blütenentwicklung bereits eine Wärmesumme von 50—320° C. genügend.

Für viele Pflanzen ist es aber ferner von großer Bedeutung, in welcher Zeit diese Wärmesumme geboten wird. Auch in Beziehung darauf kann eine große Verschiedenheit herrschen. So haben die Gegenden von London und Odessa beide eine annähernd gleiche jährliche Wärmesumme über 5,5° C.;*) es hat nämlich Odessa eine solche von 3423°, London eine von 3431°. Diese Wärmesumme, bez. diese Wärmeüberschüsse aber verteilen sich für London auf die Zeit von Mitte Februar bis Mitte Dezember, während sie in Odessa sich nur auf die Zeit von Anfang April bis Mitte November beziehen. In Odessa gedeihen Wein und Pflaumen bei dieser Wärmesumme ganz vorzüglich, während sie in London nicht zur Reife kommen. Beide Früchte haben zu ihrer Reife eine kürzere intensivere Wärmeeinwirkung nötig, wie sie in London nicht geboten wird.

Weiter wird aber auch durch die Bewölkung des Himmels, die Durchsichtigkeit der Luft und in höheren Breiten durch die Dauer des Tages die Verteilung der Pflanzen beeinflußt. Daß besonders intensives, bez. längere Zeit einwirkendes Licht beim Vorhandensein des unumgänglich nötigen Wärmequantums der Pflanze vom größten Vorteile sein muß, geht aus den früheren Auseinandersetzungen über den Einfluß des Lichtes auf die Vegetation hervor. Eine etwas intensivere oder länger dauernde Lichteinwirkung vermag sogar einigermaßen den Mangel eines unzureichenden Wärmequantums aus-

*) Das Wärmeminimum, bei dem die meisten Pflanzen der gemäßigten Zone vegetieren.

zugleichen. So ist die Esche (Fraxinus excelsior) bei Söndmör in Norwegen mit 1815° Wärmesumme zufrieden, während sie in Schottland 2015° bedarf. Hier hat aber auch der längste Tag eine um $1^3/_4$ Stunde kürzere Dauer, als bei Söndmör.

Endlich ist noch die Menge der Niederschläge, die Verteilung der Regentage ꝛc. von größter Wichtigkeit für die Pflanzenverbreitung. Im allgemeinen ist die Regenmenge am größten in der heißen Zone. Verhältnismäßig größer ist sie ferner an der Küste oder auf Inseln, überhaupt in der Nähe großer Wassermassen, als im Inneren von Kontinenten. Auf letzteren bedingen wieder Gebirgsgegenden und Wälder reichlichere Niederschläge. Infolge der verschiedenen Verteilung der Niederschläge müssen natürlich Flußniederungen, Gebirgsthäler, Steppen, Wüsten verschiedene Floren haben.

Aus dem allen geht hervor, daß man aus der Temperatur eines Landes durchaus nicht ohne weiteres auf die Pflanzenwelt und umgekehrt schließen darf, daß vielmehr zur Feststellung der klimatischen Lebensbedingungen für die verschiedenen Pflanzen die umsichtigsten und sorgfältigsten Forschungen notwendig sind.

Diese Untersuchungen werden auch dadurch noch erschwert, daß die Pflanze in der Regel zu verschiedenen Zeiten ihrer Entwicklung verschiedene Ansprüche an das Klima macht. Die meisten Getreidearten verlangen im Frühjahr während des Keimens ein größeres Maß Feuchtigkeit, sind aber für diese Zeit mit einer niederen Temperatur zufrieden. Zur Reife brauchen sie jedoch wärmere und trocknere Witterung. Daher kommt es, daß in dem stetigen Frühlingsklima gewisser Hochebenen der Anden verschiedene Getreidearten nach dem Keimen sich üppig entwickeln, aber nicht zur Blüten- bez. Fruchtbildung kommen.

Sehr wenige Pflanzen sind Allerweltsbürger und somit über die ganze Erde verbreitet. Zu ihnen gehören die Salzbunge (Samolus Valerandi), der Vogelknöterich (Polygonum aviculare), die Brunnenkresse (Nasturtium officinale). Nur 117 Arten finden sich auf mindestens dem dritten Teile der Erdoberfläche. Sehr beschränkt ist aber auch die Zahl derjenigen, die nur an bestimmte und ganz eng begrenzte Örtlichkeiten gebunden sind, wie Spartium nubigerum, das nur auf dem Pick von Teneriffa, Genista aetnensis, das nur auf dem Ätna, Hypericum balearicum, das nur auf den Balearen vorkommt.

2. Horizontale Verbreitung der Pflanzen.

Da auch für eine kurze und oberflächliche Schilderung der Pflanzenverteilung die Einteilung der Erde in 5 Zonen ganz unzureichend sein würde, nehmen wir mit Unger für jede der beiden Erdhälften (die nördliche und südliche) acht Zonen an.

1. Die Äquatorialzone (Region der Palmen und Bananen), welche zu beiden Seiten des Äquators liegt und vom 15° n. Br. bis zum 15° s. Br. reicht, zeigt bei einer mittleren Temperatur von 26, 25—27,50° C. die Vegetation auf der höchsten Stufe der Entwicklung. Hier sind aber auch alle Bedingungen vorhanden, das Pflanzenleben dauernd in Thätigkeit zu er-

halten; hier fehlen alle und jegliche Entwicklungsstörungen. Infolgedessen wetteifern die Pflanzen geradezu miteinander in Bezug auf Mannigfaltigkeit der Form, der Farbenpracht und des Wohlgeruchs. Dieses äußerste Maß von Vegetation mag sich nirgends mehr finden, als am Amazonenstrome, wo unmittelbar am Äquator die größte Menge von Süßwasserströmen zusammenfluten. „Wohin wir nur immer blicken, wohin wir nur immer fahren mögen," sagt Avé-Lallemant (Wanderungen durch die Pflanzenwelt der Tropen) „überall wuchert hier in nie unterbrochener Fülle das Pflanzenchaos längs des Süßwasserchaos oder auf dessen Inseln. Palmen und Riesengräser, Musaceen und Cecropien, Cäsalpinien und Bombaceen, Euphorbiaceen und Cacaogebüsche, Bertholletien und Bignoniaceen wetteifern in Kraft und Fülle empor nach Luft und Licht. Und was nicht auf eigenem Stamme emporragen kann, das kriecht, rankt und parasitiert am Nachbar in die Höhe. Auf Ästen und über den Kronen der Waldriesen wuchert eine zweite Flora empor, reifen andere Früchte. Und wenn das Hochufer des Stromes die ungeheuere zu den mächtigsten Gruppen verschlungene Baumvegetation nicht mehr zu tragen vermag, zumal dann, wenn bei fallenden Wassern die Fluten gierig nagen an dem Fuße des steilen Abhanges, so bricht in weiten Strecken und selbst hinein in bedeutende Tiefe der ganze Wald herunter, Waldfürsten und Parasiten — und finden im Strome ihr gemeinsames Grab. Schwerere Stämme gehen zu Grunde, leichtere treiben den Fluß hinab; fast in ununterbrochener Kette treiben sie hinab. Hat doch der Rio da Madeira von seinem treibenden Nutzholz — madeira — sogar seinen Namen erhalten. Mehr als ein Stamm strandet auf seiner Untiefe. Schlamm, Pflanzenreste, schwimmende Gräser gesellen sich ihm zu. Die unvermeidliche Cecropia peltata (eine zu den Nesselgewächsen gehörige baumartige Pflanze mit großen schildförmigen Blättern) faßt Wurzel; hierzu kommt die Amazonische Weide. Zahlreiche Palmennüsse, zumal Astrocaryumarten, vom Schwimmen im Strom zum Keimen vorbereitet, treiben an den jungen Strand. Zartere Pflanzenkeime werden vom Winde herbeigeführt oder selbst von Vögeln herbeigetragen; bald ist eine ganze Inselwelt fertig; und dieselbe Vegetation oder doch eine ähnliche, die früher auf hohem Baranco paradierte, treibt ein bescheideneres Wesen jetzt dicht über dem Spiegel des allnährenden Stromes. Diese Inselbildung ist es, welche dem Amazonenstrome zumal in dichterischer Sprache den Namen des Stromes der tausend Inseln verschafft hat." In ganz ähnlicher Weise wird uns auch die Vegetation in den äquatorialen Gegenden Afrikas (man lese nur von Schweinfurth „Im Herzen von Afrika") oder des südlichen Teiles von Indien und der dazu gehörigen Inselwelt geschildert. Das Charakteristische ist überall da, wo die Pflanzenwelt nicht durch menschliche Eingriffe Beschränkungen erfährt, ein dichter Urwald, dessen Riesenstämme dicht von Farnen, Bromeliaceen, Aroideen und Orchideen besetzt und von Lianen der verschiedensten Art (den verschiedensten Pflanzenfamilien angehörig, darunter besonders Aristolochien, Passifloren, Cissus, Paullinien u. s. w.) umschlungen werden, so daß in der Regel ein Baum mehr verschiedene Pflanzenformen trägt, als in der gemäßigten Zone auf einem großen Raume zerstreut wachsen.

Die Pflanzenform, welche in der Äquatorialzone vor allen anderen in den Vordergrund tritt und vor allem mitbeteiligt ist an dem eigentüm-

lichen Gepräge, das die Flora dieser Zone trägt, ist die der Palmen. Diese Form ergreift aber auch wie keine andere den Menschen durch den Ausdruck von Macht und Fülle, von Schönheit und Zartheit, von Lieblichkeit und Jungfräulichkeit, besonders dann, wenn die Palme, wie es in der Regel geschieht, einzeln auftritt. Bald sind es die zu schwindelnder Höhe aufsteigenden, oben mit zierlichem Blätterbusche gekrönten Stämme, bald wieder die riesigen, von kurzem Stamme oder scheinbar ganz ohne Stamm aufsteigenden Blattbüschel, die des Reisenden Bewunderung erwecken, der riesigen Blüten- bez. Fruchtstände und anderer Eigentümlichkeiten gar nicht zu gedenken. Den Palmen zur Seite stehen die Pisange oder Bananen mit ihren dicken, nur von Blattscheiden gebildeten Scheinstämmen, ihren frischgrünen und an Größe mit denen der Palmen wetteifernden Blättern und ihren ungeheuren sonderbaren Blütentrauben; ferner die baumartigen Gräser, die Bambusen, die in tannenartiger Weise sich verästeln und von denen im äquatorialen Amerika die zur Gattung **Chusquea** gehörenden Arten 30—35 Meter hoch aufsteigen; dann die lang- aber schmalblättrigen Pandaneen, die so äußerst mannigfaltigen Aroideen u. s. w. Außerdem zeigen die betreffenden Zonen der verschiedenen Erdteile noch ihre besonderen Charakterpflanzen: Amerika seine Cecropien, Artocarpeen, Bertholletien und Cacaopflanzen, Afrika seine Affenbrotbäume, Asien seine Dipterocarpeen, Garcinien, Myristiceen,*) seinen Giftbaum (**Antiaris**[Upasbaum] auf Java) ꝛc. Hervorzuheben wären für diese Zone etwa noch die in großer Mannigfaltigkeit auftretenden und gewöhnlich mit Blumenkronen von riesigem Durchmesser versehenen Wurzelparasiten (Rafflesien), ferner die die schlammigen Meeresküsten bewohnenden gespenstischen, hochbeinigen Mangrovebäume.

2. Die beiden tropischen Zonen (Region der Feigen und Baumfarne) reichen vom 15. bis 23. Grade nördlicher bez. südlicher Breite und umfassen daher auf der westlichen Halbkugel Westindien, den größeren Teil von Brasilien, die Sandwichsinseln, auf der östlichen Nubien, Abessinien, Ostindien, die Philippinen, Madagascar, die Maskarenen und die Nordküste von Australien. Die Mitteltemperatur beträgt zwischen 22° und 16° C. In diesen Zonen hängt die Vegetation hauptsächlich von der Verteilung der Feuchtigkeit ab, denn sie schließen auch große fast oder ganz regenlose Landstriche ein, die infolgedessen beinahe aller Vegetation bar sind oder eine solche nur in kümmerlichster Weise hervorbringen. Ich erinnere an die Wüste Kalahari in Südafrika, die außer niedrigen, in der fürchterlichsten Weise bedornten Akazien, von den südafrikanischen Kolonisten „Wart ein Weilchen" genannt, und außer der merkwürdigen auf der Keimstufe stehenbleibenden **Welwitschia mirabilis** kaum noch etwas Anderes hervorbringt, als vereinzelte Büschel dürftiger Steppengräser, ferner an die regenarmen bez. regenlosen Striche in den tropischen Anden Südamerikas. Da, wo Feuchtigkeit in reichem Maße vorhanden ist, da steht die Flora derjenigen

*) Zu den erstern gehört der Kampherbaum von Sumatra (**Dryobanalops aromatica**), der ostindische Kopalbaum (**Vateria indica**), die mit eisenfestem Holze versehene **Shorea robusta**; von den Garcinien liefert **G. mangostana** die köstlichsten Obstfrüchte, mehrere andere das Gummigutt ꝛc.; die Myristicaceen sind wegen ihrer Samen und Früchte für die Arzneikunde und für die Hauswirtschaft wichtig. **Myristica officinalis** liefert die Muskatnüsse.

der Äquatorialzone nicht nach, und es wechseln üppige Wälder mit fruchtbaren Pflanzungen, da finden sich ebenfalls die schönsten Baumgestalten mit prachtvollster Belaubung, mit reizendsten Blüten, mit herrlichstem Dufte. Neben Palmen und Bananen und anderen Pflanzengestalten, die uns schon in der Äquatorialzone entgegentraten, begegnen wir hier noch den palmenähnlichen Baumfarnen und den Cycadeen. Ferner kommen die Feigen-Arten und die Pfeffergewächse in reicher Menge vor. Während die letzteren nur wenig umfängliche Sträucher (in Südamerika giebt es allein ¾ von den bekannten 360 Arten) darstellen, bilden die ersteren bald mächtige Stämme, bald seltsame Schlingpflanzen. Zu ihnen gehören die schattenreichen Sykomoren, die schlanken Gummibäume (Ficus elastica), ferner die heiligen Banyanen mit ihren horizontal ausgestreckten, mächtigen, ringsum von natürlichen Stützen getragenen Ästen, die infolgedessen, eine jede für sich, einen kleinen Hain zu bilden scheinen. Das Hauptgebiet der Feigen ist Ostindien; jedoch fehlen sie auch in Amerika nicht, wenn sie hier auch nicht so artenreich auftreten. Neben einer Anzahl kurzstämmiger, aber außerordentlich reichbelaubter Arten findet sich hier der berüchtigte Cipó madatór (Mörderschlinger), der an seinem Nachbarbaume emporsteigt, bis er seine Krone mit der seines Genossen mischt, dabei ihm aber unter den innigsten Umarmungen den Lebenssaft aussaugt und schließlich mit ihm zusammenbricht. In den trockneren Gegenden bedingen Cactusgewächse einen eigentümlichen Vegetationscharakter. Im großen und ganzen ist die Flora in den einzelnen Ländern nicht erheblich voneinander verschieden, wenn auch hier und da besondere Gewächse sich geltend machen, wie z. B. die Orchideen in Centralamerika. Nur das südöstliche Arabien macht davon eine Ausnahme, indem sich hier Terebinthen und Burseraceen (wie Balsamodendron Ehrenbergianum und B. myrrha, die Weihrauch und Myrrhen liefern) mit knorrigen, steifblättrigen und stacheligen Strauchgewächsen (Crassulaceen, Dracänen und Aloëarten) mischen. An Stelle der die vorige Zone charakterisierenden Lianen und Parasiten tritt in den Urwäldern Unterholz auf, freilich oft in solcher Dichtheit, daß es schwierig ist, sich einen Weg hindurch zu bahnen. Kultiviert werden in den Tropen Zuckerrohr und Gewürzschilfe, Yams- und Maniokwurzeln, Bataten, Pfeffer, Kokospalme, Indigo, Reis, Mais — Kulturpflanzen, von denen der größte Teil in die Äquatorialzone hineinreicht.

3. Die beiden subtropischen Zonen (Regionen der Myrten und Lorbeeren) erstrecken sich von den betreffenden Wendekreisen bis zu dem 34° n. Br. bez. s. Br. und haben eine mittlere Temperatur von 21°—17° C. Der kurze schneelose Winter führt kaum eine Unterbrechung der immergrünen Vegetation herbei, die aber, wie wir weiter unten sehen werden, in einzelnen Ländern sehr verschiedenartig ist. Die Palmen und Bananen verschwinden mehr und mehr. Von ersteren treten in dem nördlichen Afrika noch die Doompalme Egyptens (Hyphaene thebaica) und die Dattelpalme (Phoenix dactylifera), die Nahrungspflanze der Wüstenbewohner, in dem nördlichen Amerika noch die Palmettopalme (Chamaerops palmetto) auf. Vorherrschend in der nördlichen subtropischen Zone sind vor allem Lorbeer- und Myrtengewächse und in den Ebenen machen sich die merkwürdigsten Saft- und Fettpflanzen bemerklich. Kultiviert werden noch Kaffee, Reis, Baumwolle

bäume, dazwischen Lianengewinde von Passionsblumen. Noch wäre vielleicht die Norfolk-Cypresse (Araucaria excelsa) zu erwähnen, die, nicht gesellig wachsend, aber weit verbreitet, an der Südseeküste ihre von starken, sparrigen Quirlästen gebildete pyramidale Krone stolz gen Himmel erhebt.

Die Flora der subtropischen Zone Südamerikas ist von den eben besprochenen ganz verschieden. Sie enthält in dem hierher gehörigen Teile Chiles baumarme Gebirgsgegenden, für welche die Myrtenformen, ferner eine Anzahl strauchartiger, harzreicher Kompositen und besonders die an felsigen Abhängen wachsenden Cactus- und Agave-artigen Pflanzen charakteristisch sind. Dann aber umfaßt sie auch die von den chilenischen Anden bis zum atlantischen Meere reichenden baumlosen Ebenen, Pampas genannt, welche von einem Reisenden als ein uferloses Meer von Gräsern bezeichnet werden, wo das Auge am Horizonte keinen Ruhepunkt findet, außer wo die Sonne aufgeht und niedersinkt. Nur wenige Stauden (Disteln, Doldengewächse) begleiten die Pampasgräser, und diese sind je nach dem Boden ungleichmäßig verteilt. Waldungen finden sich entweder erst in den feuchteren Grenzbezirken oder an den Ostabhängen der Gebirge, die vom Seewinde getroffen werden. Ein Teil der Bäume gehört brasilianischen Gattungen an, ein anderer ist noch nicht genauer untersucht. Palmen giebts hier noch 4 Arten, von denen als am weitesten nach Süden gehend die etwa 10 Meter hohe Pindo-Palme (Cocos australis) zu nennen ist. Die Lagunen, welche der Parana in seinem Unterlaufe bildet, werden häufig von der mit herrlichen blauen Blumen prangenden Camalota (Pontederia azurea) geschmückt, zwischen welchen sich nicht selten die gigantischen Blätter der Victoria auf dem Wasserspiegel ausbreiten.

4. **Die beiden wärmeren gemäßigten Zonen** (Region der immergrünen Laubhölzer) umfassen die Landstriche zwischen dem 34° und dem 45° nördlicher bez. südlicher Breite. In ihnen herrscht eine mittlere Temperatur von 17°—12° C. Charakteristisch für dieselbe sind immergrüne Wälder mit dunkelem, glänzendem Laube geschmückt. Waldbildend treten in den Mittelmeerländern besonders immergrüne Eichen auf, von denen zwei kleinblättrige, die Stein- und die Coccuseiche (Quercus ilex und coccifera), das ganze Mittelmeergebiet bewohnen, während zerstreut noch 10—12 andere und unter ihnen als wichtigste die Korkeiche im Westen, die Velani-Eiche (Quercus aegilops) im Osten vorkommen. An den Gehängen der Gebirge mischen sich mit den immergrünen Bäumen solche, welche das Laub verlieren, wie die edle Kastanie und die Zerreiche (Quercus cerris). Im Gebirge wie an den warmen Küsten giebt es neben den Laubhölzern auch Nadelhölzer von der Pinus-, wie von der Cypressenform. Von den ersteren sind besonders die Pinie, die Aleppo-, die östliche und westliche Seestrandskiefer rc., von den letzteren der spanische, der asiatische Wachholderbaum, die italienische Cypresse, die Tamariske rc. zu nennen. Im Aussehen an unsere Weiden erinnernd bedecken in Baum- oder Strauchform graugrüne Oliven die Ebenen. In den Thalgründen, hauptsächlich dem Lauf der Bäche folgend, erscheinen weidenblätterige Oleander mit großen roten Blütensträußen. In Kulturländereien finden sich Haine von Lorbeeren, Orangen und Citronen, dazwischen duftende Myrten und scharlachrot blühende Granaten. Außer diesen sind aber noch eine Menge immergrüner Gesträuche vorhanden, wie der durch seine

erdbeerähnlichen Früchte bekannte Arbutusstrauch und die baumartige Haide (**Erica arborea**), welche in Gemeinschaft mit den strauchartigen Euphorbien stark an die südafrikanische Flora erinnern; ferner ein ganzes Heer stacheliger Hülsenfrüchtler und großblumiger Cistrosen (Cistus cyprius, ladaniferus, creticus u. a.), die das Gummi Ladanum ausschwitzen, ähnlich wie die hier ebenfalls heimische Mastix-Pistazie (Pistacia lentiscus) den Mastix (auch ein aromatisches Harz) ausscheidet. Außer großblumigen und farbenprächtigen Blüten, wie sie uns die purpurnen Alpenrosen (Rhododendron ponticum) und viele Liliengewächse vorführen, giebt es eine große Zahl anderer, die — wie Veilchen und Lippenblütler — sich weniger durch Form und Farben, als durch balsamische Düfte bemerklich machen, wie sie die Sonne unserer Breiten nicht zu erzeugen vermag. An den tieferen Süden mahnt die Zwergpalme, deren schirmförmig geteilte Blätter unmittelbar dem Boden zu entsprießen scheinen, da sie nur ausnahmsweise einen niedrigen Holzstamm entwickelt, ferner — als afrikanischer Flüchtling — die Dattelpalme, die einzeln oder in kleinen Wäldchen auftritt, aber, außer in Valencia (Elche), nirgends ihre Früchte reift. Seit der Eroberung Mexikos nach Spanien verpflanzt und von da weiter verbreitet haben sich auch Opuntien (zu den Cacteen gehörig) in der Mittelmeerflora eingebürgert. Es sind dies besonders Opuntia ficus indica, amylacea und vulgaris. In gleicher Weise ist die Agaveform eingeführt worden und findet sich durch Agave americana und Aloë vulgaris vertreten. Beide, Opuntien und Agaven, bekleiden vorzugsweise die Felsküsten, werden nicht selten aber auch als unnahbare Heckenstauden gezogen. Als Kulturbäume finden sich Olive, Mandel, Pfirsich, Granate, Citrone und Apfelsine. Hier wächst von Alters her der Weinstock frei und steigt bis in die Gipfel der höchsten Bäume auf. Die Getreidearten betreffend, so ist der Anbau des einheimischen Spelt durch den so außerordentlich ertragsfähigen Mais bedeutend eingeschränkt worden. An passenden Orten wird auch Reis gezogen. In der nördlichen Hälfte der neuen Welt entsprechen das kalifornische Küstengebiet und die südlichen atlantischen Staaten von Nordkarolina und Tennesee bis Louisiana und Florida hinab der südlich gemäßigten Zone. Die Vegetationsformen des ersteren ähneln im großen und ganzen denen der europäischen Mittelmeerflora, und zwar erstreckt sich bei den Laubhölzern die Übereinstimmung selbst bis auf die systematische Stellung der Gattungen; nur die große Mannigfaltigkeit der Koniferen (28 Arten), die beinahe der Japans gleichkommt und die riesige Entwicklung derselben (die Höhe der Wellingtonien reicht an die der höchsten menschlichen Bauwerke) ist für Californien charakteristisch. Die südlichen atlantischen Staaten enthalten neben immergrünen Laubholzwäldern ausgedehnte Kulturflächen, die an Produktionsfähigkeit (durch ihre Baumwolle, ihren Reis und ihr Zuckerrohr) das Mittelmeergebiet weit übertreffen. Auf der südlichen Halbkugel bringen die hierher gehörigen Inseln wie Neu-Seeland und Van Diemensland, ferner das südliche Chile wegen des ausgeprägten Insel- bez. Küstenklima Formen hervor, welche denen der warmen Zonen der Erde entsprechen, nämlich Baumfarne und dergleichen. Dabei ist die Vegetation von außerordentlicher Üppigkeit. So mögen z. B. die Wälder von Chile unter dem 42° südlicher Breite an Fülle und kräftiger Entwicklung der Individuen den Urwäldern der

Tropenzone ziemlich nahe kommen. Westlich von Südchile breiten sich noch die Pampas aus, die bis zur Magellanstraße hinabreichen, aber immer unwirtlicher werden. Außer an der Westküste fehlt im patagonischen Teile Baumwuchs gänzlich. Am Nordrande desselben, am Rio Negro, ist auf der ganzen unbegrenzten Ebene ein einziger kleiner Baum zu finden, eine dürftige Akazie, die aber für die Eingeborenen eine so merkwürdige Erscheinung bildet, daß sie von ihnen wie ein Heiligtum verehrt wird.

5. **Die beiden kälteren gemäßigten Zonen** (Region der sommergrünen Laubhölzer) umfassen die Landstriche zwischen dem 45° und 58° nördlicher bez. südlicher Breite. Die mittlere Temperatur der nördlichen, die hier nur allein in Betracht kommen kann, da in der südlichen nur noch vereinzelte, meist voneinander entfernte, im ganzen aber unbedeutende Inselgruppen auftreten, beträgt 12°—5,75° C. Für die ebenen Teile der mitteleuropäischen Landschaft ist hauptsächlich das Auftreten von Laubwäldern, aus Buchen, Eichen und anderen sommergrünen Laubbäumen bestehend, charakteristisch, während Fichten- und Tannenwälder die Gebirgshöhen krönen. „Ihr größter Vorzug vor dem Süden ist das frische, freudige Maigrün, zumal das des ausschlagenden Buchenwaldes und dies hat von jeher in der Brust der germanischen Völker das innige Mitgefühl mit dem Leben der Natur zum poetischen Frühlingsgruß gestimmt. Die Buche (Fagus silvatica) ist nach ihrer geographischen Verbreitung der germanische Charakterbaum: vom mitteleuropäischen Berglande ziehen die Buchenbestände hinüber nach den britischen Inseln einerseits und über die dänischen Inseln nach Südskandinavien andrerseits, gerade in den wärmeren Gestadeländern der Ostsee in üppigster Schönheit sich zeigend; jedoch über Königsberg hinaus giebt es kein Buchengrün mehr, in Rußland zeigt es sich nur im Südwesten und in den persisch-kaukasischen Landesteilen, mehr durch die Trockenheit des Sommers, als durch die Kälte des Winters abgeschreckt, wie das Vorkommen einzelner Buchenbestände noch über der Eichengrenze von 4000 Fuß auf den Alpen beweist.“ *) Die Eiche hat ein etwas größeres Gebiet. Nicht nur, daß sie im Norden über die Buchengrenze (an der norwegischen Küste 59° n. Br.) etwa noch 4° hinausgeht, sondern auch daß sie im russischen Tieflande einen breiten Waldgürtel bildet, den die Buche nicht erreicht und der sich bis zum Ural hinzieht, welcher ihrer Einwanderung nach Sibirien ein Ziel setzt. Ihre nördliche Vegetationsgrenze, die von der norwegischen Küste (63° n. Br.) sich allmählich über Petersburg zur Breite von Perm senkt, ist in Graden bezeichnet, folgende: 63° norwegische Küste, 61° schwedische Ostküste, 60° Petersburg, 58° Ural. Mit derselben fällt merkwürdigerweise die Polargrenze des Weizenbaues zusammen. Neben beiden ist noch die Birke zu nennen, die aber weiter nach Norden vordringt. Außerdem treten noch eine große Anzahl anderer Laubbäume als bloße Begleiter der zusammenhängenden Eichen-, Buchen- und Birkenwälder auf. Von Sträuchern ist für das westliche Küstengebiet der Hülsenstrauch (Ilex aquifolium) charakteristisch, für die östlich davon gelegenen Teile aber Heidel- und Preißelsbeere und Sumpfporst ꝛc.

Vor allem kennzeichnen aber das oben begrenzte Gebiet die saftigen

---

*) Kirchhoff, Pflanzengeographie S. 25.

Wiesen, welche keine andere Zone in ähnlicher Weise aufzuzeigen vermag. Sie werden einzig und allein durch Gräser bedingt, die über dem zusammenhängenden, dicht gedrängten Wurzelgeflechte aus einer Masse von verkürzten Gliedern einen Rasen bilden, in dem sich, ein Stock an den anderen gereiht, unaufhörlich, so weit Raum und Beleuchtung es gestatten, die langen schmalen Blätter entwickeln und welche nur zur Blütezeit den Halm hervortreiben und daran die Blätter weiter auseinander treten lassen. Die Höhe und Dichtigkeit des Rasens ist einesteils von den an seiner Bildung beteiligten Gräsern, andrerseits aber auch von den im Boden befindlichen Nährstoffen abhängig. Zwischen den Gräsern sind aber auch Schmetterlings-, Kreuzblütler, Dolden-, Nelkengewächse und vor allem Korbblütler reichlich vertreten. Am Saume des kontinentalen Gebietsteiles zieht sich ein Streifen Heidelandes, hauptsächlich von Besenheide gebildet, hin. Er beginnt im südlichen Frankreich in der Nähe der Pyrenäen (mit den Landes in der Gascogne) und wendet sich von da nördlich, wird aber bald durch ein breites Stück Kulturland unterbrochen und setzt sich erst in den Niederlanden wieder fort, von wo er bis in den Norden der jütischen Halbinsel, und rechts der Elbe (durch Getreidebau und Kiefernwald möglichst eingeschränkt) durch Nordrußland hindurch bis an den Ural reicht. Ein zweiter Zug dürren Bodens, eine Grassteppe (in der Pfriemengras vorherrscht), zieht sich jenseits der mannigfaltigen Laubwälder der Ukräne von den Karpathen aus durch Südrußland hindurch bis an den Ural bez. nahe bis ans schwarze Meer. In den südlichen Teilen der nördlich gemäßigten Zone der alten Welt bilden zum Teil noch Mais, dann aber Weizen das Brotkorn; von Mitteldeutschland ab, ebenso wie in Rußland ists der Roggen. Im Norden wird auch Buchweizen, im Osten Hirse gebaut. Die Gerste verwendet man hauptsächlich zur Bereitung des Bieres, das einen Ersatz für den Wein bildet. Seit etwa 100 Jahren hat sich hier auch die Kartoffel als wichtige Brotfrucht eingebürgert. Obstbäume, als Apfel, Birne, Pflaume, Kirsche, werden überall gepflegt und gedeihen noch an der Nordgrenze, aber wegen der Härte des Winters nicht mehr bei Petersburg. Die Pfirsiche und Aprikose haben ihre Polargrenze mit dem Wein gemeinschaftlich. Derselbe geht von der Bretagne (47° 30′) fast geradlinig über Lüttich an den Rhein (50° 45′), dann durch Niederhessen (51° 20′) und Thüringen hindurch bis Schlesien (51° 55′).

In Asien bedecken den der nördlich gemäßigten Zone angehörigen Flächenraum zunächst die Steppenländer der Kirgisen, welche allmählich in jenes unermeßliche Wüstengebiet übergehen, das als breiter regenloser Gürtel quer durch Asien reicht und sich dem stillen Ocean bei Peking nähert. Während die Kirgisensteppe noch üppigen Graswuchs darbietet, finden sich in dem Wüstengebiete nur noch dorniges Gesträuch oder Salzpflanzen. Nur wo, wie bei Chiwa, menschlicher Fleiß der dürstenden Ebene Rieselbäche zugeführt hat, findet sich eine den Ländern des Mittelmeergestades ähnliche üppige Fruchtbarkeit. In der neuen Welt beginnt die nördlich gemäßigte Zone im Verhältnis zu Europa unter viel niedereren Breitengraden. Sie umfaßt bis auf den zwischen dem 34° und 32° nördl. Br. eingeschlossenen Landstrich, der der wärmeren gemäßigten Zone der alten Welt entspricht, das Gebiet der nordamerikanischen Freistaaten. Die Flora ist der deutschen nach vieler

Beziehung hin sehr ähnlich; doch sind nur die Gattungen die gleichen, nicht aber die Arten dieselben. Hinsichtlich der Bäume zeigt die gemäßigte Zone der neuen Welt einen ganz außergewöhnlichen Artenreichtum: sie hat 120 Eichen (von den unserigen im Habitus oft gänzlich verschieden), 10 Ahorne, 10 Eschen, ebensoviel Wallnußbäume (darunter die Hickorynuß, [Carya olivaeformis] u. a.) mehrere Linden, Ulmen u. s. w. Dazu kommen aus tropischen Familien noch der Tulpenbaum (Liriodendron) und ein Lorbeergewächs (Sassafras) bis Canada hinauf, eine Magnolie (M. acuminata) und der Persimmonbaum (Diospyros virginiana) bis New-York, die Catalpa bis Illinois hinauf vor. In Indiana fand Prinz Wied die Wälder aus 60 verschiedenen Baumarten zusammengesetzt. Welcher Reichtum gegen die wenigen Arten, welche die unserigen bilden! Unter den Sträuchern imponieren vor allem die Rosen, besonders wenn sie an den Waldbäumen kühn emporklimmen. Im Unterholze finden sich weithin verbreitet die prächtige mit großen roten Blumen bedeckte Alpenrose (Rhododendron maximum), mehrere Arten der Stecheiche (Ilex), eine Berberitze (Mahonia), ferner Vaccinium, Empetrum u. s. w. Als Schlinggewächse treten wie in Europa Vertreter der Gattungen Vitis, Humulus, Menispermum auf. Im Schatten der Wälder giebt es auch üppig wachsende Stauden, besonders den Kompositen (Aster, Solidago) angehörig. Die fließenden Wässer sind wie in Europa von mit nahrhaften Gräsern (Festuca, Triticum) bewachsenen Wiesen begleitet. Die Kulturländereien geben reichen Ertrag an Mais, Weizen und Hafer. Roggen- und Gerstenbau sind geringfügig. Außerordentlich verbreitet ist auch der Tabakbau. Bis zum 35° baut man Zuckerrohr, später den Zuckerahorn. Auch die Baumwolle dringt wegen der heißen Sommer weiter als in der alten Welt nach Norden vor. Die einheimische Rebe (Vitis labrusca) wird noch mit Erfolg am Michigan- und Eriesee gezogen. Auch von Obst, das aus Deutschland eingeführt wurde, erzielt man einen reichen Ertrag.

6. **Die beiden subarktischen oder kalten Zonen** (Region der Nadelhölzer) reichen vom 58. bis 66. Breitegrade. Die Mitteltemperatur schwankt zwischen 5,75° und 3,75° C. Von diesen ist die nördliche nichts Anderes, als eine Übergangszone, in welcher sich arktische Pflanzen mit denen gemäßigter Gegenden mischen. Charakteristisch ist für sie auf der Ost- wie auf der Westhälfte der nördlichen Halbkugel die mächtige Ausdehnung von Nadelwäldern. In der subarktischen Zone Asiens dehnen sich dieselben durch die ganze Breite des Kontinents vom Ural bis zum stillen Ocean aus. An Bildung derselben beteiligen sich neben unserer Kiefer die sibirische und taurische Lärche, die sibirische und die Zirbelkiefer. Nur in den südsibirischen Gebirgen mischen sich Laubhölzer in bemerkenswerter Menge darunter und weisen auf den Beginn einer neuen Pflanzenzone hin. In der subarktischen Zone Europas bestehen diese Wälder in Skandinavien aus Fichten und Kiefern, in Rußland neben diesen auch aus Lärchen.

Auf der westlichen Halbkugel gehört das russisch-britische Nordamerika dieser Zone an. Auch hier ist für sie ein zusammenhängender Zug von Nadelholzwaldungen charakteristisch. Dieselben werden aber ebenso wenig wie die südlicher gelegenen Laubholzwälder von europäischen Arten gebildet. Außer der bei uns eingeführten Weymouthskiefer (Pinus strobus) sind es

eine Reihe verschiedener Tannen und zwar die Douglas-, die Menzies- und Schierlingstanne (Abies Douglasii, Menziesii, Mertensiana), ferner die Oregon-Ceder oder gelbe Cypresse (Thuja gigantea), welche den Baumbestand bilden. Weiter nördlich als die genannten geht die weiße Tanne (Picea alba). Ja sie wird im Norden durch viele Breitengrade hindurch geradezu vorherrschend und läßt die amerikanische Lärche weit hinter sich. Ihre Wälder nehmen eine düstere Einförmigkeit an, in die nur die Uferwaldungen der Flüsse eine Abwechslung bringen, da hier neben der Balsamtanne auch Laubhölzer und zwar Weiden, Erlen und Pappeln auftreten. In die subarktische Zone fällt die Polargrenze vieler Kulturgewächse und Bäume, wie die von Weizen, Roggen, Hafer, Kartoffel, Erbse, Linde, Eiche, Esche, Erle u. a. m.; ihre Grenzen verlaufen aber so unregelmäßig, daß es kaum möglich ist, ein vollständiges Bild von dem Erdgürtel, den sie umfassen, zu zeichnen.

7. **Die beiden arktischen Zonen** (Region der Alpengewächse) finden sich zwischen dem 72. Breitengrade und dem betreffenden Polarkreise. Die arktische Zone der nördlichen Halbkugel hat nur an den Küsten eine mittlere Jahrestemperatur, welche über 0° (bis 1,9°) hinaufsteigt; davon entfernt bleibt sie tief darunter. In dieser Zone treten die Nadelhölzer schnell zurück. Alle etwa noch vorkommenden Baumgewächse werden zwergartig, indem ihre Äste, den wärmeren Boden suchend, auf der Erde fortkriechen, so daß nur die jüngsten von ihnen sich strauchartig über den Boden erheben: namentlich thun dies Wachholder- und Weidenarten, ferner verschiedene Birken. Wiesen verschwinden in dieser Zone fast gänzlich, ihre Stelle nehmen in feuchten Landstrichen die **Tundren** ein. „Soweit das Auge reicht, hat es nichts, als eine ockerbräunliche oder weißfahle Moosfläche vor sich oder die gleichmäßig grünen Strecken der mit Zwergbirken bewachsenen Flächen, jenem krüppelhaften, am Boden hinkriechenden Pflanzengebilde, das man kaum Strauch nennen kann. Kahle grauliche oder gelblich fahl erscheinende Hügelreihen stimmen mit dieser Einöde so recht überein. Nur die meist mit vielen kleineren und größeren, 30—12 cm. hohen Strauchweiden bewachsenen Ufer klarer Teiche und Seen geben eine dem Auge wohlthuende Abwechslung. Noch bedeutend schneller als das Auge ermüdet der Schritt des Wanderers, denn es werden ihm hier die größten Zumutungen gemacht. Nirgends findet der Fuß sicheren Halt; überall sinkt er, meist bis über den Knöchel, ein, und man muß sich aus den Verschlingungen der Zwergbirkenranken mit Gewalt losreißen. Es gilt bei jedem Schritte das Bein ungewöhnlich hoch zu heben, und diese Gangart ermüdet in ganz außerordentlicher Weise. Oft giebt es weite Sumpfstrecken, oder man hat mühsam von einem Klumpen Büschelgras auf einen anderen überzuspringen u. s. w.“ Die Form der Tundra, die uns hier von Dr. Frisch, dem Begleiter des Dr. Brehm und des Grafen von Waldburg-Zeil-Trauchburg auf ihrer sibirischen Reise geschildert wird, ist die Moostundra, welche ihre Entstehung hauptsächlich den Torf- und Widerthonmoosen (Sphagnum und Polytrichum) verdankt. Zwischen den Moosen breiten sich die Rasen verschiedener Seggen und etwa die Moltebeere (Rubus chamaemorus) und einige andere Pflanzen aus. An trockneren Stellen treten wirkliche Gräser auf, vermischt mit dürftigem Weidengestrüpp und verschiedenen Kräutern. Neben den Moostundren kommen auch Flechten-

tundren vor. Letztere sind besonders für das arktische Nordamerika charakteristisch. Sie bestehen hauptsächlich aus Erdlichenen. Zwischen diesen wachsen aber eine Menge beerentragender Zwergsträucher wie Vaccinium, Empetrum neben Binsengewächsen und Wollgräsern. Während die Moostundra von den arktischen Säugetieren gemieden wird, wird die Flechtentundra von ihnen gern aufgesucht. Wo in der arktischen Zone der Boden mehr geneigt ist, wo sich infolgedessen im Frühjahr das Schneewasser schneller verliert, der Boden etwas tiefer auftaut und sich besser erwärmt, besonders wenn ein in der Nähe befindlicher Strom die Temperatur reguliert, da zeigen sich auch arktische Matten, welche aber dadurch von den Wiesen verschieden sind, daß der Grasrasen zurückgedrängt und durch Stauden ersetzt wird. Es ist dies nach Griesebach das einzige anmutige Landschaftsbild in den Polarländern, wo ein freudiges Grün erscheint und die Vegetation von lebhafterem Wachstume mit glänzenden Blumenfarben aller Art geschmückt ist. Ähnlich mag auch der Eindruck sein, der auf den arktischen Inseln den Naturfreund so mächtig anregt. Den bunten Teppich, der hier erscheint, vergleicht Baer (nach Griesebach) mit einem von kunstreicher Hand in der Eisregion angelegten Garten und mit dem Schmuck der alpinen Landschaft in den Alpen; aber er findet auf den alpinen Matten der Alpen die Pflanzen mehr massenhaft zusammengehäuft, die Blüten der arktischen Flora dagegen gleichmäßiger untereinander vermischt. Deshalb erschien ihm der reichgefärbte Teppich am Fuße der Berge von Nowaja-Semlja als ein sorgsam gereinigtes Blumenbeet.

Außerordentlich schroff ist in der arktischen Zone der Gegensatz der Jahreszeiten. An den langen Winter schließt sich unmittelbar, ohne jeglichen Übergang, wie ihn in der gemäßigten Zone der Frühling vermittelt, ein heißer, nachtloser Sommer, in dem die Vegetation sich mit wunderbarer Schnelle entwickelt. Ihm folgt aber ebenso unvermittelt — ohne Herbst — auch wieder der Winter.

8. **Die beiden Polarzonen** (Region der Alpenkräuter) endlich umfassen alle Landstrecken jenseits des 72. Breitengrades. Ihre mittlere Temperatur beträgt —17° C. Hier fehlen Bäume und Sträucher wie auch die einjährigen Pflanzen vollständig. Der nur wenige Wochen andauernde Sommer vermag nur einer ganz beschränkten Zahl von Blütenpflanzen zu genügen. Da dieselben nicht jeden Sommer zur Samenreife gelangen, so müssen sie perennierend sein. Wie auf den Hochalpen bleiben sie niedrig, und ihre rosettenförmig angeordneten Blätter erheben sich kaum über den Boden. Dabei entwickeln sie aber wie jene unverhältnismäßig große und in den reinsten Farben prangende Blüten.

Nirgends bilden diese Pflanzen zusammenhängenden Rasen, sondern sie treten zwischen Moosen und Flechten in mehr oder weniger umfänglichen Polstern auf. So weit man auch nach dem Nordpol vordrang, nirgends fehlten dergleichen Pflanzenpolster; nur die felsigen Küsten fand man vollständig frei davon. Die reichste Flora unter den polaren Ländern hat ohne Zweifel Spitzbergen, auf dem neben 90 phanerogamen 250 kryptogame Pflanzen beobachtet wurden.

3. Vertikale Verbreitung der Pflanzen.

Wenn man hohe Gebirge besteigt, wird man überrascht von dem Wechsel der Vegetation, der sich beim Aufsteigen bemerkbar macht. Am Fuße des Canigou in den Pyrenäen reifen beispielsweise in den Gärten noch die Orangen. Darauf folgen Olivenwäldchen, Maisfelder und Haine von immergrünen Eichen, sowie durch ihr Gewächs berühmte Weingärten. Aber in 400 Meter Höhe bleibt der Ölbaum, in 530 Meter Höhe der Weinstock, in 770 Meter Höhe die Kastanie zurück. In 1270 Meter Höhe beginnt die reine Luft der Alpenregion, und die ersten Alpenrosen erscheinen. Die letzten Hafer- und Kartoffelfelder verlassen den Wanderer bei 1580 Meter. In dieser Höhe spenden nur noch Buche, Weißtanne, Fichte und Birke Schatten; aber infolge der Kälte des Windes und der im Winter zu tragenden Schneelast bleibt ihr Wuchs hinter dem normalen zurück und wird immer niedriger und zwerghafter. Bei 1880 Meter hört auch die Tanne, bei 1930 Meter die Birke, bei 2250 Meter endlich auch die Fichte auf. Über die Fichtengrenze hinaus kommen nur noch Rasen von Alpen- bez. Polarpflanzen vor, die den gemäßigtem Zonen (den ebenen oder wenig erhabenen Gegenden derselben) fremd sind. Der Wachholder allein dringt, verkrüppelt und kriechend, bis zum Gipfel (2690 Meter hoch) empor, wo eine geringe Zahl dürftiger, aber nichts desto weniger großblumiger Pflänzchen neun Monate lang unter dem Schnee begraben liegen und in drei Monaten wachsen, blühen und reifen.

Ganz ähnliche Erscheinungen bieten die Alpen dar, nur mit dem Unterschiede, daß an ihrem Fuße weder Orange noch Olive, sondern Kastanie und Nußbaum wachsen. Die eben erwähnten Erscheinungen haben darin ihren Grund, daß gleicherweise, wie von dem Äquator nach den Polen zu, die Temperatur auch von der Meeresfläche oder von einer mit dem Meeresspiegel annähernd gleich hoch liegenden Ebene in vertikaler Richtung aufwärts abnimmt. Sobald in einer gewissen Höhe die Mitteltemperatur nicht mehr über den Gefrierpunkt hinaufgeht, können Eis und Schnee nicht mehr schmelzen; es ist dann die Schneegrenze erreicht. Dieselbe muß natürlich unter dem Äquator bei dem überhaupt wärmeren Klima am höchsten liegen (die Berge, welche über 5400 Meter über dem Meeresspiegel liegen, sind hier ebenfalls mit ewigem Schnee bedeckt) und wird nach den Polen zu immer tiefer herabsteigen, bis sie endlich in der Polarzone der Meereshöhe gleichkommt. Infolgedessen müssen sich aber auch an den Abhängen höherer Gebirge der heißen Zone alle Klimate, welche zwischen Äquator und Polen vorkommen, übereinander finden.

Da sich in vertikaler Erhebung mit den Klimaten auch die Vegetation ändert, so hat der Pflanzengeograph den acht horizontalen Klimazonen entsprechend für die vertikale Verbreitung der Pflanzen ebenfalls acht Pflanzengürtel oder Regionen aufgestellt. Natürlich werden sämtliche Regionen nur allein an den Bergen bez. Gebirgen der äquatorialen Zone beobachtet werden können, da für alle anderen Fälle die unterste Bergregion mit der Pflanzenregion identisch sein muß, in der der Berg wurzelt.

Aufsteigend von dem Niveau des Meeres unterscheidet man in der

Äquatorial- und tropischen Zone an den Bergen ebenfalls eine Region der Palmen und Bananen, eine solche der baumartigen Farne und Feigen, eine der Myrten- und Lorbeergewächse, eine der immergrünen Laubhölzer, eine der sommergrünen Laubhölzer, eine der Nadelhölzer, eine der Alpenrosen und schließlich eine der bis zur Schneegrenze aufsteigenden Alpenkräuter. Freilich ist diese Einteilung nicht in allen Fällen zutreffend, da sich aus verschiedenen Ursachen die Grenzen bestimmter Gewächse vielfach verschieben, und es ist infolgedessen auch außerordentlich schwer, die einzelnen Regionen umfänglicher Gebirgsmassen genau zu charakterisieren. So gehen am Mont Ventoux die Buche, der Lavendel und der Wachholder auf der Südseite viel höher hinauf als auf der Nordseite und zwar beträgt die mittlere Differenz 244 Meter; ferner ist am Ätna die Grenze für die Kastanie um 480 Meter, für die Steineiche (Quercus robur) um 420 Meter, für die immergrüne Eiche (Qu. ilex) um 420 Meter, für die Buche um 390 Meter, für die Birke um 190 Meter, für die Kiefer um 210 Meter auf beiden Seiten verschieden.

Auch wechselt die Aufeinanderfolge der Pflanzen nicht selten in verschiedenen Gebirgsgegenden. Bald steigt die Birke weiter hinauf als Fichte oder Tanne, bald ist das Umgekehrte der Fall. In den Tiroler Alpen bleibt die Buche hinter dem Elsebeerbaum zurück, in den Pyrenäen geht sie über denselben hinaus.

Der Äquatorialzone, die bis zum 15. Breitengrade reicht, entspricht bis zur Höhe von 600 Meter und mit einer Mitteltemperatur von 27°—30° C. die Region der Palmen und Bananen. In derselben müssen die klimatischen Verhältnisse und demgemäß die Vegetationscharaktere die gleichen wie in der Ebene sein.

Der bis zum 23° reichenden tropischen Zone entspricht in der Höhe von 600—1200 Meter und mit einer Mitteltemperatur von 23,5° C. die Region der baumartigen Farne und Feigen. In dieser Region bilden in Indien die verschiedensten Feigenarten den Hauptbestandteil dichter Wälder, in denen sie von Pfeffergewächsen, Aroideen und Orchideen umrankt bez. besetzt werden. Auf den Südseeinseln werden in gleicher Höhe die Feigen durch Broussonetien, Freycinetien u. a. Nesselgewächse vertreten; für Amerika sind die Cinchonen charakteristisch. Der bis zum 34° reichenden subtropischen Zone entspricht in der Höhe von 1200—1800 Metern die im Mittel ca. 20° C. warme Region der Myrten und Lorbeeren. Hier herrschen die Laubhölzer mit dunkelgrünen glänzenden Blättern vor: die Myrten, Camellien, Magnolien und immergrünen Eichen. Eine große Zahl von ihnen ragt bis in die nächste Zone hinein, in die warme Region der immergrünen Laubhölzer, welche in der Höhe von 1800—2400 Meter mit einer Mitteltemperatur von 17° C. der bis zum 45° reichenden wärmeren gemäßigten Zone entspricht.

Der bis zum 58° reichenden kälteren gemäßigten Zone entspricht in der Höhe von 2400—3000 Meter die im Mittel 13,75° warme Region der sommergrünen Laubhölzer. Doch kommen unter den Tropen Wälder mit immergrüner Belaubung nur auf den Hochebenen vor, und eine üppige Entwicklung derselben findet sich höchstens bis 2700 Meter Höhe. Darüber hinaus begegnet man nur einem Gemisch von Laub- und Nadelhölzern.

Der bis zum 66° Br. reichenden antarktischen Zone entspricht in der Höhe von 3000—3600 Meter und bei einer Durchschnittswärme von 11° C. die Region der Nadelhölzer, die fast ausschließlich von Koniferen bedeckt ist.

Der bis zum 70° Br. reichenden arktischen Zone entspricht in der Höhe von 3600—4200 Meter die im Durchschnitt nicht ganz 7° warme Region der Alpensträucher (Rhododendren, Azaleen). Der hohe Baumwuchs fehlt hier; dafür schmücken diese Region herrliche buntblumige Triften, gebildet von den herrlichsten Weidepflanzen, die hie und da von großen mit Alpenrosen und ähnlichen Sträuchern bedeckten Flächen unterbrochen werden.

Der bis 82° reichenden polaren Zone entspricht endlich in der Höhe von 4200—4800 Meter die im Mittel 2,5—3,5° warme Region der Alpenkräuter. Dieselben sind durchgängig ausdauernd und mit widerstandsfähigem holzigem Rhizome versehen. Die Blattentwicklung reduciert sich aufs geringste Maß, dagegen erfreuen das Auge große bunte Blumen.

Neuntes Kapitel.

Die Pflanzenwelt in ihren mannigfachen Beziehungen zum Menschen.

Bereits in der Einleitung wurden die mannigfachen Beziehungen angedeutet, in welchen der Mensch zur Pflanzenwelt steht. Er kann, wie die gesamte Tierwelt, nur durch sie und mit ihr existieren.

Ohne Zweifel ist der Mensch zu einer Zeit schon auf der Erde erschienen, wo die klimatischen Unterschiede noch gering waren, oder, falls sie bereits tiefer ausgeprägt, in einer Gegend, wo die Natur in der reinsten Pflanzenfülle prangt und ihre Gaben ohne weiteres jedem in den Schoß wirft, der ihrer begehrt. Der erste Mensch wird ebenso wie der heutige Ureinwohner der Tropen seine bescheidenen Bedürfnisse denjenigen Pflanzen entnommen haben, welche sie noch heute mühelos dem Genießenden darbieten.

So ist z. B. die ganze Existenz der Guaraunos auf dem Delta des Orinoco einzig und allein an das Dasein der Muriche- oder, wie die Reisenden sie nennen, der Mauritius-Palme (Mauritia flexuosa) geknüpft, die in ihrem Marke ein sagoähnliches Mehl spendet, aus dem, in große dünne Scheiben geschnitten und gedörrt, ein sehr angenehm schmeckendes Brot gewonnen wird, deren tannenzapfenförmigen, mit Schuppen bekleideten, rotgefärbten, apfelähnlich schmeckenden Früchte sich zur Herstellung eines kühlenden gegohrnen Getränkes verwenden lassen, deren Fasern zur Verfertigung von Hängematten, Kleidern, Netzen, Körben dienen, deren Stämme Material zur Herstellung von Wohnungen bieten, welche letzteren sogar auf den stehengelassenen Palmenstümpfen errichtet werden, damit sie zur Zeit der großen Überschwemmung dem Wasser unerreichbar bleiben. Ähnlich ists mit der Palmyrapalme (Borassus flabelliformis) in Südasien und auf der dazu gehörigen Inselwelt. Deren Anwendungen sind fast nicht aufzuzählen. Die in einem Teile des Vaterlandes genannter Palme gebräuchliche Tamilsprache besitzt ein Gedicht Tala Vilasam, das nicht weniger als 801 verschiedene Zwecke nennt, zu welchen die Palme verwendet wird, womit aber der Katalog derselben noch keineswegs abgeschlossen ist. Noch höher bezüglich ihrer Nutzbarkeit fürs Menschengeschlecht steht die Kokospalme (Cocos nucifera), deren Verbreitungscentrum die Küsten und Inseln des stillen Oceans sind. Was endlich die Dattelpalme für die Einwohner Nordafrikas, zumal der Oasen der Saharawüste ist, weiß jedermann. „Ganz Fezzan und halb Tripolitanien," schrieb unser Landsmann, der leider zu früh verstorbene Afrika-

reisende Dr. Ed. Vogel, von Murzuk aus, „lebt davon. Hier ist jede Thür, jeder Pfosten aus Dattelholz gemacht; in den Häusern besteht die Decke der Zimmer aus Dattelstämmen, zwischen und über welche Zweige gelegt sind wie bei uns das Rohr. Die ärmern Leute wohnen in Hütten, die ganz aus Palmenblättern zusammengebaut sind. Palmenblätter liefern das gewöhnliche Feuerholz. Datteln sind das Futter für Menschen und Tiere; Kamele, Pferde, Hunde — alles verzehrt Datteln. Sogar die Steine der Dattel werden eingeweicht und in dieser Form dem Vieh gegeben, denn es giebt hier durchaus kein Gras oder sonstiges grünes Futter, ein wenig Sasfah (Melilotus-Art) ausgenommen, der mit derselben Mühe wie das Korn in Gärten gezogen wird und deshalb sehr hoch im Preise steht.

Wenn auch nicht so allgemein nutzbar, so sind doch für die Ernährung der Tropenbewohner mit den Palmen von gleicher Wichtigkeit der Brotfruchtbaum und der Pisang. Ersterer (Artocarpus incisa), ein schöner großer Baum aus der Familie der Nesselpflanzen, liefert für die Bewohner der Inselkette, welche sich von Ostindien durch den ganzen tropischen Teil der Südsee bis nahe der Westküste von Amerika hinzieht, das Hauptnahrungsmittel. Acht bis neun Monate hindurch ist der Baum ununterbrochen und im reichsten Maße von kopfgroßen Sammelfrüchten bedeckt, die nach und nach zur Reife gelangen. Während der drei bis vier Monate, binnen welchen die frischen Früchte fehlen, genießt man solche, die in großen gepflasterten Gruben eingemacht wurden. Und diese Früchte sind allein hinreichend, eine angenehme und schmackhafte Speise zu liefern, von welcher der Mensch anhaltend leben kann. In der Regel werden sie vor der völligen Reife, wo die Rinde noch grün, das Mark noch schneeweiß und von lockerem, mehligem Gewebe ist, abgenommen. Man schält sie, wickelt sie in Blätter und bäckt sie auf heißen Steinen, wodurch sie einen dem Weizenbrote ähnlichen, doch etwas süßlichen Geschmack erhalten, während das aus eingemachtem, gegohrenem Teige gebackene Brot dem Geschmacke nach dem westfälischen Pumpernickel ähnelt. Dazu giebt der Baum so reichlich Früchte, daß drei Bäume hinreichen, einen Mann 9 Monate lang vollständig zu ernähren.

Fast noch mehr Nahrungsstoff als ein Brotfruchtbaum bietet die Banane oder der Pisang (Musa paradisiaca und M. sapientum), und der Tropenbewohner hat dabei nichts weiter zu thun nötig, als von den einmal gepflanzten Stämmen diejenigen, deren Früchte gereift und geerntet sind, abzuhauen, damit sich die neuen bereits emporgetriebenen Wurzelschößlinge, welche in Zeit von drei Monaten ebenfalls Frucht tragen, freier entwickeln können. Eine einzige Pisangpflanze bringt im Jahre in 4 Ernten weit über 100 Pfund Früchte. Auf einer gegebenen Fläche liefert nach Alexander von Humboldt infolgedessen der Pisang 133 mal mehr Nahrungsstoff als der Weizen. Was Wunder, wenn in der heißen Zone das winzigste Fleckchen Kulturland um eine Hütte eine zahlreiche Indianerfamilie zu ernähren vermag. — Sehr wahrscheinlich ist auch gerade diese über die Äquatorialzone aller Erdteile verbreitete Pflanze das erste Geschenk der Natur an den erwachenden Menschen und somit der Gegenstand der allerältesten Kultur.

So wohl wie dem Tropenbewohner wird es dem Bewohner der gemäßigten Zone freilich nicht. Der Boden bietet nirgends von selbst so

Neuntes Kapitel.

Die Pflanzenwelt in ihren mannigfachen Beziehungen zum Menschen.

Bereits in der Einleitung wurden die mannigfachen Beziehungen angedeutet, in welchen der Mensch zur Pflanzenwelt steht. Er kann, wie die gesamte Tierwelt, nur durch sie und mit ihr existieren.

Ohne Zweifel ist der Mensch zu einer Zeit schon auf der Erde erschienen, wo die klimatischen Unterschiede noch gering waren, oder, falls sie bereits tiefer ausgeprägt, in einer Gegend, wo die Natur in der reinsten Pflanzenfülle prangt und ihre Gaben ohne weiteres jedem in den Schoß wirft, der ihrer begehrt. Der erste Mensch wird ebenso wie der heutige Ureinwohner der Tropen seine bescheidenen Bedürfnisse denjenigen Pflanzen entnommen haben, welche sie noch heute mühelos dem Genießenden darbieten.

So ist z. B. die ganze Existenz der Guaraunos auf dem Delta des Orinoco einzig und allein an das Dasein der Muriche- oder, wie die Reisenden sie nennen, der Mauritius-Palme (Mauritia flexuosa) geknüpft, die in ihrem Marke ein sagoähnliches Mehl spendet, aus dem, in große dünne Scheiben geschnitten und gedörrt, ein sehr angenehm schmeckendes Brot gewonnen wird, deren tannenzapfenförmigen, mit Schuppen bekleideten, rotgefärbten, apfelähnlich schmeckenden Früchte sich zur Herstellung eines kühlenden gegohrnen Getränkes verwenden lassen, deren Fasern zur Verfertigung von Hängematten, Kleidern, Netzen, Körben dienen, deren Stämme Material zur Herstellung von Wohnungen bieten, welche letzteren sogar auf den stehengelassenen Palmenstümpfen errichtet werden, damit sie zur Zeit der großen Überschwemmung dem Wasser unerreichbar bleiben. Ähnlich ists mit der Palmyrapalme (Borassus flabelliformis) in Südasien und auf der dazu gehörigen Inselwelt. Deren Anwendungen sind fast nicht aufzuzählen. Die in einem Teile des Vaterlandes genannter Palme gebräuchliche Tamilsprache besitzt ein Gedicht Tala Vilasam, das nicht weniger als 801 verschiedene Zwecke nennt, zu welchen die Palme verwendet wird, womit aber der Katalog derselben noch keineswegs abgeschlossen ist. Noch höher bezüglich ihrer Nutzbarkeit fürs Menschengeschlecht steht die Kokospalme (Cocos nucifera), deren Verbreitungscentrum die Küsten und Inseln des stillen Oceans sind. Was endlich die Dattelpalme für die Einwohner Nordafrikas, zumal der Oasen der Saharawüste ist, weiß jedermann. „Ganz Fezzan und halb Tripolitanien,“ schrieb unser Landsmann, der leider zu früh verstorbene Afrika-

reisende Dr. Ed. Vogel, von Murzuk aus, „lebt davon. Hier ist jede Thür, jeder Pfosten aus Dattelholz gemacht; in den Häusern besteht die Decke der Zimmer aus Dattelstämmen, zwischen und über welche Zweige gelegt sind wie bei uns das Rohr. Die ärmern Leute wohnen in Hütten, die ganz aus Palmenblättern zusammengebaut sind. Palmenblätter liefern das gewöhnliche Feuerholz. Datteln sind das Futter für Menschen und Tiere; Kamele, Pferde, Hunde — alles verzehrt Datteln. Sogar die Steine der Dattel werden eingeweicht und in dieser Form dem Vieh gegeben, denn es giebt hier durchaus kein Gras oder sonstiges grünes Futter, ein wenig Sasfah (Melilotus-Art) ausgenommen, der mit derselben Mühe wie das Korn in Gärten gezogen wird und deshalb sehr hoch im Preise steht.

Wenn auch nicht so allgemein nutzbar, so sind doch für die Ernährung der Tropenbewohner mit den Palmen von gleicher Wichtigkeit der Brotfruchtbaum und der Pisang. Ersterer (Artocarpus incisa), ein schöner großer Baum aus der Familie der Nesselpflanzen, liefert für die Bewohner der Inselkette, welche sich von Ostindien durch den ganzen tropischen Teil der Südsee bis nahe der Westküste von Amerika hinzieht, das Hauptnahrungsmittel. Acht bis neun Monate hindurch ist der Baum ununterbrochen und im reichsten Maße von kopfgroßen Sammelfrüchten bedeckt, die nach und nach zur Reife gelangen. Während der drei bis vier Monate, binnen welchen die frischen Früchte fehlen, genießt man solche, die in großen gepflasterten Gruben eingemacht wurden. Und diese Früchte sind allein hinreichend, eine angenehme und schmackhafte Speise zu liefern, von welcher der Mensch anhaltend leben kann. In der Regel werden sie vor der völligen Reife, wo die Rinde noch grün, das Mark noch schneeweiß und von lockerem, mehligem Gewebe ist, abgenommen. Man schält sie, wickelt sie in Blätter und bäckt sie auf heißen Steinen, wodurch sie einen dem Weizenbrote ähnlichen, doch etwas süßlichen Geschmack erhalten, während das aus eingemachtem, gegohrenem Teige gebackene Brot dem Geschmacke nach dem westfälischen Pumpernickel ähnelt. Dazu giebt der Baum so reichlich Früchte, daß drei Bäume hinreichen, einen Mann 9 Monate lang vollständig zu ernähren.

Fast noch mehr Nahrungsstoff als ein Brotfruchtbaum bietet die Banane oder der Pisang (Musa paradisiaca und M. sapientum), und der Tropenbewohner hat dabei nichts weiter zu thun nötig, als von den einmal gepflanzten Stämmen diejenigen, deren Früchte gereift und geerntet sind, abzuhauen, damit sich die neuen bereits emporgetriebenen Wurzelschößlinge, welche in Zeit von drei Monaten ebenfalls Frucht tragen, freier entwickeln können. Eine einzige Pisangpflanze bringt im Jahre in 4 Ernten weit über 100 Pfund Früchte. Auf einer gegebenen Fläche liefert nach Alexander von Humboldt infolgedessen der Pisang 133 mal mehr Nahrungsstoff als der Weizen. Was Wunder, wenn in der heißen Zone das winzigste Fleckchen Kulturland um eine Hütte eine zahlreiche Indianerfamilie zu ernähren vermag. — Sehr wahrscheinlich ist auch gerade diese über die Äquatorialzone aller Erdteile verbreitete Pflanze das erste Geschenk der Natur an den erwachenden Menschen und somit der Gegenstand der allerältesten Kultur.

So wohl wie dem Tropenbewohner wird es dem Bewohner der gemäßigten Zone freilich nicht. Der Boden bietet nirgends von selbst so

reichliche Nährstoffe dar, produciert nirgends von selbst nur einigermaßen schmackhafte Früchte. Der Ureinwohner Deutschlands fand nichts weiter vor als den Holzapfel, bittere Wurzeln, Gräser mit dürftigen Körnern — und auch diese gab es an keiner Stelle in ausreichender Menge. Der Deutsche mußte, wollte er nicht Not leiden oder den Raubtieren gleich nur Fleisch konsumieren, sich bald bequemen, gewisse Pflanzen, die seinem Geschmacke besonders zusagten und die er wild vorfand oder von benachbarten Stämmen erhalten hatte, anzubauen. Ganz ähnlich ists natürlich dem Bewohner anderer Territorien der gemäßigten Zone ergangen. — Die ersten Anbauversuche sind allenthalben von weittragender Bedeutung gewesen. Sie machten den Menschen, der bis dahin als Jäger oder Hirt ruhelos von Ort zu Ort zog, seßhaft und legten den ersten Grund zu der hohen Kulturstufe, welche der Bewohner der gemäßigten Zone nach und nach erstieg, einer Kulturstufe, die nur erreicht wurde durch die höchste Anspannung aller körperlichen und geistigen Kräfte — anfangs einzig und allein zu dem Zwecke, bitterer Not vorzubeugen. Ziemlich frühe, lange schon vor der geschichtlichen Zeit kam der Mensch darauf, Gräser mit mehlreichen Früchten zu kultivieren und dieselben zur Herstellung der Hauptspeise — des Brotes — zu verwenden. Daß dies lange vor der geschichtlichen Zeit gewesen sein muß, geht schon daraus hervor, daß das Getreide von den Alten stets als eine Gabe der Götter bezeichnet wird, als eine Gabe, welche die ährenumkränzte Demeter oder Ceres ihnen in den Schoß geworfen hatte und der zu Ehren sie nun hohe Feste feierten. Als eins der ältesten und zugleich der wichtigsten Getreidegräser ist der Weizen anzusehen. Sein hohes Alter läßt sich schon einigermaßen aus der großen Zahl von Arten und Varietäten folgern, die von ihm gezüchtet worden sind. Persien oder Vorderasien entstammend, muß er sehr frühe schon als reichlich Nährstoffe spendende Brotfrucht erkannt und angebaut worden sein. Besaßen doch bereits die schweizerischen Pfahlbauern der Steinzeit fünf verschiedene Weizenarten bez. Weizenvarietäten, wie die vorgefundenen Pfahlbautenüberreste zeigen, und jetzt beträgt die Zahl derselben weit über tausend. Angebaut wird er von der subtropischen, also der südlichen gemäßigten Zone an bis Drontheim in Norwegen und bis Petersburg. Innerhalb der Wendekreise kultiviert man ihn mit Ausnahme der Gegenden, deren Klima durch besondere Lage, frische Winde und andere Lokalursachen modifiziert ist, erst in solchen Höhen, deren mittlere Jahrestemperatur derjenigen unserer subtropischen und gemäßigten Zone entspricht. So beginnt die Weizenkultur auf dem Plateau von Mexiko erst in einer Höhe von 800—1000 Meter und dehnt sich bis zu einer Höhe von 3000 Meter aus. Auf dem Plateau des südlichen Peru in einer Höhe von 2600 Meter sind die Weizenfelder noch von besonderer Ergiebigkeit, während am Titicaca-See, über 4000 Meter hoch, wo ein beständiges Frühlingsklima herrscht, wegen mangelnder Wärme in den Sommermonaten weder Weizen, noch Roggen reifen.

Der Weizen bedarf wie die übrigen Getreidearten zu seinem Gedeihen einer äußerst sorgfältigen Bodenbearbeitung. Sie kann höchstens dort mangelhafter bleiben, wo zu seinem Anbau jungfräulicher, also eben erst in Kultur genommener Boden verwendet wird, wie es in vielen Distrikten der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika der Fall sein mag. In den schon

längst benützten Ackerländereien von Europa müssen alle Mittel der Wissenschaft aufgeboten werden, den Boden für Weizenbau geeignet zu machen; es muß gehörige Lockerung vorhergehen, durch Zufuhr von Düngemitteln muß genügender Ersatz für die Stoffe geboten werden, die früher an der betreffenden Stelle gebaute gleiche oder ähnliche Pflanzen dem Boden entzogen und dergleichen mehr. Die Weizenkörner werden nun aber auch nicht ohne weiteres verwendet, sondern es wird Mehl zum Verbacken daraus bereitet, d. h. es werden durch einen Mahlprozeß die im Sameneiweiß enthaltenen Stärkekörnchen so gut als möglich von den sie umlagernden Gewebsschichten der Samen- und Fruchthaut rc. befreit.

Der Vervielfältigung der Aussaatsquantität nach nimmt der Weizenbau von der subtropischen Zone nach den Polen hin ab. Im mittleren Europa, z. B. in Frankreich, ist der Ertrag im Durchschnitt sechsfältig, in Ungarn, Kroatien, Dalmatien acht- bis zehnfältig, in Sicilien zehn- bis zwölffältig, in den 600—1000 Meter hohen Äquatorialgegenden von Mexiko 25-, in fruchtbaren Jahren 35fältig. Die Zone in der alten Welt, wo der Weizen die alleinherrschende Brotfrucht ist, umfaßt das mittlere und südliche Frankreich, England, Süddeutschland, Ungarn, die Krim, die Kaukasusländereien, so wie die Länder des mittleren Asiens, wo Ackerbau getrieben wird. Zu der Zone, wo der Weizen nur vorherrscht, aber nicht ausschließlich Brot liefert, wo ihn vielmehr teilweise Reis und Mais vertreten, gehören Portugal, Spanien, die Mittelmeerküste von Frankreich, Italien, Griechenland, ferner der Orient, Persien, das nördliche Indien, Arabien, Egypten, Nubien, die Berberei und die canarischen Inseln.

Im mittleren und nördlichen Europa tritt der Roggen, der erst durch die Kreuzfahrer eingeführt wurde, als Brotfrucht auf und reicht bez. seiner Polargrenze etwa 6—7° über die des Weizens hinaus. Die nördlichsten Getreidearten sind Gerste und Hafer. Sie geben dem Bewohner des nördlichen Schwedens und Norwegens, eines Teiles von Schottland, sowie von Sibirien das Hauptnahrungsmittel aus dem Gewächsreiche.

Am höchsten nach Norden hinauf geht in Europa die Kultur der Gerste, welche beinahe das Nordkap, die nördlichste Spitze Europas erreicht. Die nördlichste Grenze der Gerstenkultur liegt hier im 70° nördlicher Breite. Nach Osten zieht sie sich freilich allmählich immer mehr nach Süden zurück und sinkt schließlich in Kamtschatka bis zum 56° herunter. Die Polargrenze der Gerstenkultur und damit überhaupt die Grenze der Cerealien in der alten Welt drückt eine Kurve aus, welche ungefähr der Isothere von 8° C. entspricht. Diese Kurve ist zugleich eine äußerst wichtige Naturgrenze fürs Völkerleben, weil sie die Scheidewand bildet zwischen Ackerbau treibenden Völkern einerseits und von Jagd bez. Fischfang lebenden oder aufs Hirtenleben angewiesenen Völkern andererseits. Mit dieser Grenze müssen natürlich die Vegetabilien aufhören, die Hauptnahrung zu bilden.

Im östlichen Teile der gemäßigten Zone der alten Welt, besonders in China und Japan, werden unsere Getreidearten nur wenig angebaut. Hier ersetzt sie der Reis, dessen Kultur seine eigentliche Heimstätte in den tropischen Gegenden Ostasiens hat und der jedenfalls als das Getreide zu bezeichnen ist, das die größte Menschenzahl sättigt, obwohl sein Nährwert eigentlich ein sehr geringer ist und den der Kartoffel kaum erreicht; was ja auch zur Folge

hat, daß die niederen Volksklassen, welche beim Mangel anderer Nahrungsmittel ganz allein davon leben, aber zur Sättigung großer Quantitäten bedürfen, sich durch den Reisgenuß dicke Bäuche zuziehen. Außer in den beiden genannten Ländern ist die Reiskultur noch herrschend auf den Inseln des indischen Archipels, von welch letzterem eine große Menge zur Ausfuhr nach dem dichtbevölkerten China und nach Europa geliefert wird. In China und Indien wiegt der Verbrauch des Reis als Hauptnahrungsmittel so vor, daß ein Misraten der Reisernte stets eine Hungersnot im Gefolge hat. Sehr gewöhnliches Nahrungsmittel ist der Reis noch in Persien, Arabien, dem nördlichen Afrika, Griechenland, Italien, den südlichen Teilen von Spanien und Portugal. Durch Europäer ist die Reiskultur auch nach Amerika verpflanzt worden, wo sie in der tropischen und subtropischen Zone zur Zeit so intensiv betrieben wird, daß der Reis trotz der nach und nach eingeführten allgemeinen Benutzung als Nahrungsmittel doch noch in ziemlich bedeutender Menge ausgeführt wird, um so mehr, als der nordamerikanische Reis beinahe eine bessere Qualität erlangt, als der ostindische.

Wie in der heißen Zone Asiens die Kultur der Cerealien ausschließlich auf Reis beschränkt ist, herrscht in der heißen Zone Amerikas der Maisbau vor, welcher schon zur Zeit der Entdeckung dieses Erdteils vom südlichsten Teile Chiles ab bis zu dem heutigen Pensylvanien getrieben wurde. Am besten in dem heißesten und feuchtesten Tropenklima gedeihend, wo er einen ganz außerordentlichen, bis zum 800fachen Korn hinaufsteigenden Ertrag giebt, hat er von allen Getreidekulturen die größte vertikale Verbreitungsregion, da er in Mexiko noch bis 2800 Meter, in Peru bis nahe an 4000 Meter Höhe wächst. Obgleich er bei weitem nicht die große Anzahl Menschen ernährt wie der Reis, so werden im tropischen Amerika doch Unmassen von ihm konsumiert, da hier neben dem Menschen Maultiere und Pferde ausschließlich von ihm ernährt werden.

Weit weniger wichtig als für Europa Weizen und Roggen, für Asien Reis, für Amerika Mais ist für Afrika die Durrha oder das Negerkorn (Sorghum vulgare). Ihre Kultur ist wenigstens durch den Reisbau immer mehr eingeschränkt worden.

In Europa sowohl als auch in Asien wird in der Zone der Roggen- und Gerstenkultur des Samens wegen noch der Buchweizen als Brotfrucht kultiviert. Nicht den Gräsern, sondern den Knöterichgewächsen angehörig, liefert diese Pflanze besonders für die Haidegegenden des nördlichen Deutschlands ein nicht unwichtiges Nahrungsmittel. Für einen Teil Südamerikas existiert in einer Gänsefußart, die Quinoa (Chenopodium quinoa), eine dem Buchweizen in seinen Samenkörnern sehr ähnliche Nahrungspflanze, die außer den mehlreichen Samen auch eßbare Knollen erzeugt. Namentlich werden auf der Höhe von Chuquito, 4000 Meter über dem Meeresspiegel, unübersehbare Felder damit bestellt.

Neben den Cerealien bietet das Pflanzenreich auch in zwei Knollengewächsen Nahrungspflanzen von besonderer Wichtigkeit. Für die gemäßigte Zone ist dies die den Hochebenen von Peru entstammende und zu den Nachtschattengewächsen gehörige Kartoffel, welche wahrscheinlich in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts durch die Spanier in Europa eingeführt wurde und sich von hier aus nach den übrigen Erdteilen weiter verbreitete. In vielen

Gegenden wurde sie zur Ernährung von Mensch und Tier geradezu unentbehrlich, und der arme Irländer oder Erzgebirger vermöchte jetzt ohne sie wohl kaum sein dürftiges Dasein zu fristen.

Von gleicher, ja fast noch größerer Wichtigkeit ist für die tropischen Gegenden die Wurzel eines Wolfsmilchgewächses, die Wurzel der Maniok- oder Mandiokkapflanze, von der man zwei Arten: eine süße und eine bittere kultiviert, welche die Botaniker unter dem Namen Jatropha manihot vereinigen. Während die Wurzel der ersteren ohne weiteres eßbar ist, enthält die der zweiten ein schnell wirkendes Gift, das zuvor durch Pressen und Drücken von der zerriebenen Wurzel abgesondert werden muß. Das aus der Wurzel gewonnene Maniokmehl, ohne welches der brasilianische Pflanzer gar nicht auszukommen weiß, wird entweder als solches, namentlich mit Bohnen und getrocknetem Fleisch zusammen gekocht, genossen oder zur Bereitung einer Art nahrhaften und sehr wohlschmeckenden Brotes, der Cassave, verwendet, welches die gewöhnliche Nahrung der Neger ausmacht. Das feine Stärkemehl der Mandiokkawurzel, das Tapiocca, wird zu feineren Speisen benutzt, auch vielfach nach Europa ausgeführt. Die Gewinnung des nahrhaften Satzmehles haben die weißen Einwohner Südamerikas von den Indianern überkommen, die seit uralter Zeit damit bekannt gewesen sein müssen. Wie sie diese Bekanntschaft trotz der giftigen Wirkung der bitteren Wurzel, die vorzugsweise dazu benutzt wird, gemacht haben, ist unbekannt. Zu ihren Festen bereiten die Indianer aus der Wurzel auch ein berauschendes Getränk.

Mehrere minder wichtige Brotpflanzen, wie die Batate (Ipomoea batatas = Batatas edulis), ein Knollengewächs des südlichen Nordamerika und Mittelamerika, von den eingewanderten Weißen süße Kartoffel genannt, sowie die nahrhafte Yamswurzel (Dioscorea alata) der äquatorialen Gegenden der Erde, übergehend, kommen wir zu einer andern Gruppe von Nahrungspflanzen, zu den Gemüsen.

Unter den Völkern der Vorzeit waren es besonders die Römer, welche eine Menge Pflanzen, die sie aus Griechenland, Kleinasien, Syrien rc. nach Italien einführten, dort in Kultur nahmen, zu vollendeterer Entfaltung brachten und besonders damals, als noch edle Sitte und Einfachheit bei ihren Mählern vorherrschten, als Gemüse hochschätzten. Durch die fortgesetzte Kultur, die in späterer Zeit auch auf die übrigen Länder Europas übertragen und noch weit eingehender betrieben wurde, haben sich freilich die jetzigen Gemüsepflanzen von ihren Stammpflanzen so weit entfernt, daß jene in der Regel gar nicht wieder zu erkennen sind. Es können hier natürlich nicht alle Gemüse aufgezählt werden; nur der vornehmsten sei gedacht. Obenan steht jedenfalls der Spargel (Asparagus officinalis), dem die Römer selbst im Lukullischen Zeitalter die höchste Wertschätzung zu teil werden ließen und der auch heute noch das Ideal manches deutschen Gaumens bildet; ferner die Erbse (Pisum sativum), deren unreife grüne Kerne gekocht außerordentlich schmackhaft sind und auf allen feineren Tafeln, besonders im Frühjahr, eine Rolle spielen. In ähnlicher Weise verwendet man die grünen Bohnen, während die reifen Samen derselben ebenso wie die der Erbse ihres hohen Stickstoffgehaltes halber eine der nahrhaftesten Speisen für die arbeitenden Klassen abgeben. Von größter Mannigfaltigkeit

ist auch in kulinarischer Beziehung die Verwendung des vielgestaltigen Kohl (Brassica) — von dem beliebten Blumenkohl, dem zarten Rosenkohl an bis herab zu dem gewöhnlichen Sauerkohl. Und selbst den letzteren findet man auf der Tafel des Vornehmen ebensogut, als in der Hütte des Armen. Nebenbei bemerkt, galt der Anbau des Kohls bez. des Gemüses überhaupt den Alten als das Ideal stiller ländlicher Zurückgezogenheit, und Cicero beschreibt seinem Freunde Atticus in einem Briefe den Zauber seines Tusculums, wo er Kohl pflanze und Erbsen baue. Als weitere Gemüsepflanzen unserer Klimate sind der Spinat (Spinacia oleracea), der Sauerampfer (Rumex acetosa und patientia), der von den Alten der Venus geheiligte Salat (Lactuca sativa), die Endivie (Cichorium intybus), die Rapunzel (Phyteuma spicatum), die Mohrrübe, die märkische Rübe, der Kohlrabi, der Meerrettig, das Löffelkraut (Cochlearia officinalis), der Sellerie (Apium graveolens) zu nennen, ferner Petersilie (Anethum graveolens) und die Lauch-(Allium-)Arten, welche aber mehr die Stelle von Gewürzen vertreten.

Auch eine Anzahl Bäume bieten dem Menschen in ihren Früchten — gemeiniglich Obst genannt — nicht bloß eine äußerst schmackhafte, sondern auch eine sehr gesunde Zukost, die sowohl der Vegetarianer, der sich damit sein Schrotbrot genießbar macht, als auch der Fleischesser, dem sie zum Nachtisch — im frischen wie im gekochten Zustande — ebenfalls munden, sehr hoch schätzen. Und wie dankbar sind die Obstbäume in unseren Klimaten für die Pflege des Menschen gewesen! Von Jahrhundert zu Jahrhundert, in der Neuzeit von Jahrzehnt zu Jahrzehnt haben sich ihre Früchte infolge dieser Pflege dem Volumen nach vergrößert, dem Geschmacke nach verfeinert, im großen und ganzen veredelt und verbessert. Man möchte es heutzutage kaum glauben, daß „die Köstliche von Charneux“, „Napoleons Butterbirne“, „die Forellenbirne“ u. a., denen der würzigste Saft in reichlichster Menge entquillt und deren Fleisch auf der Zunge wie Butter zerfließt, von der saftlosen Holzbirne, daß der herrliche „Grafensteiner“, die prächtige „Goldparmäne“, die würzige „Champagnerreinette“ von dem herben Holzapfel abstammen. Neben den Kernfrüchten spielen auch die Stein- und Beerenfrüchte, als Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsiche, Johannis-, Stachel-, Himbeere, Erdbeere u. s. w. keine unwichtige Rolle. Unser Kern- und Steinobst gehört den gleichnamigen Familien der Kern- und Steinobstgewächse (Pomaceen und Drupaceen) an. Sie gedeihen nur in der gemäßigten Zone, aber nicht zwischen den Wendekreisen, wo sie den Anbau entweder gar nicht oder nur mit völlig unschmackhaften Früchten lohnen. Im heißen Süden sind es andere Pflanzenfamilien, welche Obst liefern. Dahin gehören die Sumach-, Gummigutt- und Myrtengewächse (Cassuvieen, Garcinieen und Myrtaceen). Das köstlichste Obst Indiens liefert die Mangostane (Garcinia mangostana). Nur in feuchten Landstrichen gedeihend, erzeugt sie Früchte von der Größe einer Orange und innerlich mit gleicher Teilung wie diese. Der Geschmack derselben soll jeden anderen übertreffen und dem von feinster Erdbeere und Weintraube oder nach Anderen dem von Ananas und Pfirsich zusammen ähneln. Sehr nahe kommt der Mangostane der in Vorderindien, Ceylon, Cochinchina rc. heimische Mangobaum (Mangifera indica), der jetzt über die verschiedensten Gegenden der heißen Zone, besonders auch in Brasilien verbreitet ist. Das gelbliche saftige Fleisch der

gänseeigroßen Früchte, sowie der nach Mandel schmeckende Kern derselben sollen ebenfalls ganz vorzüglich munden. Das tropische Obst verhält sich aber in den meisten Fällen zu dem unserigen wie feinstes Conditorgebäck zu schön ausgebackenem Roggenbrot: es kitzelt den Gaumen und verdirbt den Magen. In der subtropischen Zone nehmen die Agrumen oder Südfrüchte, zu den Aurantiaceen oder Orangengewächsen gehörig, die erste Stelle als Obstspender ein, also Citrone, Limone, Limette, Apfelsine ꝛc. Dieselben bilden große, vielfächerige, fleischige Beeren mit lederiger, schwammiger Schale, welche auf schön belaubten, immergrünen Bäumen aus ungemein wohlriechenden Blüten entstehen, die ebenso wie die Fruchtschalen in einer Fülle von Drüsen ein wunderbar duftendes ätherisches Öl entwickeln.

Eine wichtige Rolle in der Ernährung des heutigen Menschengeschlechts, besonders der civilisierten Nationen, spielt auch der Zucker. Eine Hausfrau würde sich heut zu Tage in der Küche geradezu für leistungsunfähig erklären, wenn sie ihn plötzlich missen müßte. Anfangs nur als Produkt gekannt, das aus dem ausgepreßten Safte des Zuckerrohrs (Saccharum officinarum) gewonnen wurde, kam er auch nur durch überseeischen Verkehr zu uns, während er gegenwärtig in weit größerer Menge, als seine Einfuhr beträgt, bei uns produziert wird — aber nicht, daß wir nun selbst das hohe schilfartige Zuckerrohr, das von Bengalen aus über den ganzen tropischen Teil Asiens bis in die subtropische Region hinein und dann weit über Afrika und die entsprechenden Gegenden Amerikas verbreitet ist, anbauen, sondern weil unsere Industrie soweit vorgeschritten ist, auch aus einheimischen Pflanzen, wennschon sie etwas geringere Zuckermengen enthalten, als das Zuckerrohr, mit Vorteil das gleiche Produkt zu gewinnen. Deutschlands Zuckerplantagen sind jetzt die um Magdeburg und an anderen Orten befindlichen Zuckerrübenfelder. In Nordamerika tritt an die Stelle der Zuckerrübe (Abart von Beta vulgaris) der Zuckerahorn (Acer saccharinum).

An den Zucker reihen sich eine Anzahl Gewürze an, die nur von Pflanzen der heißen Zone dargeboten werden wie Pfeffer, Zimmt, Ingwer, Gewürznelke u. dergl. Die wichtigste Rolle davon hat wohl der Pfeffer gespielt, die Beeren des an der Pfefferküste (von Malabar) heimischen und vielfach im südlichen Indien angebauten Pfefferstrauches (Piper nigrum), der dem Weinstocke ähnlich an anderen Bäumen emporklimmt. Er wurde den Griechen und Römern durch den Zug des großen Macedoniers nach Indien bekannt und war bald so hoch geschätzt, daß er in gleichem Werte mit den edelen Metallen stand. Vor Auffindung des Seewegs nach Ostindien lag der Pfefferhandel in den Händen der Genuesen und Venetier; später wurde er auch von den Hanseaten schwunghaft betrieben, und aus jener Zeit stammt noch die Bezeichnung Pfeffersäcke als Schimpfwort für reiche, aber geizig berechnende Kaufherren, welche mit Materialwaaren handeln.

Noch lieber als der Begriff Pfeffer associiert sich in den Gedanken des Mitteldeutschen speciell des Sachsen mit dem Begriff Zucker der Begriff Kaffee, da nur selten dieser Trank ungesüßt von ihm genommen wird; an den Kaffee aber schließt sich der Thee an — beides Getränke, die wir ebenfalls unserer Pflanzenwelt verdanken. Freilich erzeugt nur die tropische Zone den Kaffeebaum, die subtropische den Theestrauch.

Ersterer hat seine wirkliche Heimat wahrscheinlich im äthiopischen Hoch-

krankheiten gar nicht zu entbehrende Digitalin von unserem roten Fingerhut (Digitalis purpureus) u. s. w.

Die Pflanzenwelt deckt aber auch unsere Blöße. Dies geschieht allerdings nicht mehr in so ursprünglicher Weise wie im Paradiese, wo Adam und Eva sich in die meterlangen und meterbreiten Blätter der Paradiesfeige oder Banane hüllten, sondern durch Verwendung der mancherlei von den Pflanzen erzeugten Fasern zu den verschiedenartigsten Geweben. Bald sind es Haargebilde, die uns geboten werden, besonders haarförmige Bekleidungen der Samenhaut oder einzelner Teile derselben, wie die Baumwolle (Gossypium herbaceum u. a.), die Wolle der Wollbäume (Arten von Bombax) und die vegetabilische Seide (die Haare des Samenschopfes verschiedener Apocyneen und Asclepiadeen z. B. Asclepias syriaca); bald sind es Gefäßbündel der Blätter, Stämme oder Wurzeln monokotyler Pflanzen, wie der neuseeländische Flachs (Phormium tenax), die echte Aloëfaser (Aloë perfoliata u. a.), die Pitefaser (von den verschiedensten Arten der Agave, als A. americana, vivipara, mexicana u. s. w.), die Cocosfaser (Cocos nucifera), die Ananasfaser (Bromelia karatas), die Espartofaser (Stipa = Macrochloa tenacissima), die Pandanusfaser (Pandanus odoratissimus), die Tillandsiafaser (Tillandsia usneoides); bald sind es endlich Gefäßbündelteile dikotyler Pflanzen, wie beim Flachs (Linum sativum), Hanf (Cannabis sativa), Sunn (Crotalaria juncea), Chinagras (Böhmeria nivea), Ramie (Böhmeria tenacissima), Jute (Corchorus capsularis, olitorius u. a.).

Von allen Pflanzenfasern der Jetztzeit spielt die Baumwolle die wichtigste Rolle, ja sie ist jetzt wohl geradezu die wichtigste Pflanze des Welthandels geworden. Dabei gehört ihre Verwendung erst der neueren Zeit an. Die alten Egypter kannten sie noch nicht. Die Mumiengewänder, die man früher für baumwollene hielt, haben sich als leinene herausgestellt. In Oberegypten baute man die Baumwolle erst 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung an, zu welcher Zeit auch Griechen und Römer die daraus bereiteten Gewebe kannten. In Indien und Peru ist sie aber schon seit uralten Zeiten verwendet worden. Bis zu den siebenziger Jahren des vorigen Jahrhunderts brachte man wohl Baumwollengewebe und zwar in nicht unerheblichen Quantitäten nach England und dem übrigen Europa, aber die rohe Baumwolle war bis dahin kein Handelsgegenstand. Erst 1772 wurden in England die ersten Baumwollengewebe verfertigt, und von dieser Zeit an begann die Einfuhr des Rohstoffes nach Europa. 10 Jahre später führte man bereits 33000 Ballen davon in Großbritanien ein. Die Länder, welche zur Zeit des Beginnes des europäischen Baumwollenhandels erhebliche Quantitäten dieser Waare nach Europa brachten, waren die Levante und Macedonien, Cayenne, Surinam, Guadaloupe und Martinique; Länder, welche heute für den europäischen Baumwollenhandel in erster Linie genannt werden müssen, wie Indien, Egypten, Nordamerika, kamen damals noch kaum in Betracht. Indien führte nur Zeuge aus, Egypten deckte den eignen Bedarf nicht, und in Nordamerika lag der Baumwollenbau in den allerersten Anfängen. Gegenwärtig wird die Baumwollenkultur in allen warmen Ländern betrieben. Auf der südlichen Halbkugel reicht sie vom Äquator bis zum 30° südlicher Br., auf der nörd-

lichen bis zum 40°, in einigen Gegenden sogar bis zum 45. Breitengrade. Während bis gegen Ende der fünfziger Jahre die überwiegende Masse der in Europa verarbeiteten Baumwolle aus Nordamerika stammte, wurde der amerikanische Bürgerkrieg die Ursache, daß verschiedene Baumwolle produzierende Länder, wie Indien, sich in Bezug auf den europäischen Markt Nordamerika an die Seite stellten. Jener Krieg hat auch die australische und brasilianische Baumwollenkultur gefördert. Die jährlich auf den Weltmarkt überhaupt gebrachte Menge von Baumwolle läßt sich wohl kaum annähernd schätzen. Europa und Nordamerika verarbeiten davon jährlich über 1000 Millionen Kilo.

Ein weit höheres Alter als Spinnfaser hat der Flachs oder Lein, der aber, so wertvoll er auch ist, doch bezüglich seiner Verwendbarkeit bedeutend hinter der Baumwolle zurücksteht. Die schönsten Flachssorten und die größte Menge dieses Spinnstoffes, nämlich 25 Millionen Kilogramm jährlich, liefert Belgien. Dort nimmt aber auch der Flachsbau soviel Bodenfläche für sich allein in Anspruch wie alle übrigen Kulturgewächse zusammen. Außerdem produzieren noch große Mengen Flachs das nördliche europäische Rußland, Irland, Holland, Preußen, Thüringen, Schlesien, Österreich, Frankreich, Italien.

Sehen wir von der Kleidung ab und treten wir in unsere Wohnungen ein! Was danken wir da nicht alles der Pflanzenwelt? — Die Wohnung selbst, unsere Meubles und viele tausende von anderen Dingen, die zu unserer Bequemlichkeit oder zu unserer Kurzweil dienen. Und bereiten wir aus Pflanzenstoffen nicht auch das Material, dem wir unsere geistigen Errungenschaften anvertrauen, auf dem die jeweilige Menschheit ihre Geistesschätze für die Nachwelt aufspeichert, — das Papier? Doch ich will nicht durch weitere Aufzählungen ermüden. Erinnern möchte ich nur noch daran, daß auch die Leichen vorweltlicher Pflanzen, zu mächtigen Schichten angehäuft, für uns von der eminentesten Bedeutung geworden sind, nicht nur, daß sie Goldgruben für einzelne Glückliche bildeten, nein, vor allem dadurch, daß sie die mächtigsten Hebel unserer Industrie wurden, daß sie allein es waren, die Eisenbahnen, Fabriken, Dampfschiffe hervorzauberten.

Schließlich hat der Mensch aber auch die ganze Tierwelt mit allen Produkten, welche sie liefert, der Pflanzenwelt zu danken. Nur wo und weil die Pflanze vorhanden ist, vermag auch das Tier zu existieren.

Nach alledem ist der Verfasser gewiß berechtigt, wie in der Einleitung geschehen, die Pflanzenwelt mit einem Garten zu vergleichen, in den der Mensch gesetzt ist, um darin Befriedigung der meisten seiner Bedürfnisse: Nahrung, Heilmittel, Stoffe zur Kleidung und Wohnung und daneben noch unzählig viel Angenehmes und Nützliches zu finden. Ja die Abhängigkeit von der Pflanzenwelt prägt sich sogar am Menschen selbst aus. Jedes Land hat ein Pflanzenkleid eigener Art, und der Charakter desselben spiegelt sich in der Gemütsart seiner Bewohner wieder. Jedermann weiß, daß in unseren niedrigeren bezüglich der Pflanzenwelt äußerst wechselvollen Gebirgen heitere Völkchen wohnen, während die Bewohner von einförmigen Moorstrichen schwermütige Träumer zu sein pflegen.

Für die treue Fürsorge, die die Pflanzenwelt dem Menschen stets gezeigt, wohnt in dem letzteren nun aber auch eine uralte, unvertilgbare

Liebe, die sich bei den alten Völkern selbst bis zur Verehrung steigerte. Jedes Volk hat seine heiligen Pflanzen, seine Lieblingsbäume. Bei den Griechen waren die Eiche dem Zeus, der Lorbeer dem Apollo, die Myrte der Venus, Epheu und Weinrebe dem Bachus geheiligt. In Griechenland und Kleinasien standen die mächtigen orientalischen Platanen, bei den Israeliten die schlanken Cedern des Libanon, bei den Persern die ehrfurchtgebietenden Cypressen in ganz besonderem Ansehen. Der Baum der alten Germanen war die Linde, nicht die Eiche, wie die neuern Dichter meinen. Unter der Linde wurden ihre Versammlungen abgehalten, hier wurden wichtige Verträge geschlossen, hier wurde Recht gesprochen u. s. w. In der nordischen Mythologie spielt die Esche eine große Rolle, ebenso auch die Mistel, besonders die auf Eichen wachsende, welche nach dem allgemeinen Glauben, sechs Tage nach dem Neumond von einem weiß gekleideten Priester mit goldener Sichel geschnitten und zu einem Tranke verwendet, jedem lebendigen Geschöpfe Fruchtbarkeit verlieh. Heilige Blumen und Kräuter treten uns bei den Alten vielfach entgegen. Hier sei nur an Lotos und Papyrus bei den Egyptern, die Lotosblume (Nelumbium) bei den Indiern erinnert. Die Lieblingsblumen sind mannigfach verschieden je nach Volk und Himmelsstrich; nur in der neueren Zeit wurden sie durch die Gartenkunst von überall her zusammengeführt und ihrer Zahl nach ins Unendliche vermehrt.

Die Verwendung der Blumen zu Sträußen, Kränzen u. dergl. ist uralt. Anfänglich waren die Kränze allein für die Götter bestimmt, später bekränzte man auch die Tiere, die ihnen geopfert wurden. Schließlich schmückte sich mit ihnen der Mensch selbst bei jeder außergewöhnlichen Gelegenheit, bei religiösen Feierlichkeiten sowohl, als auch bei Festmahlen, frohen Botschaften, Siegesfeiern u. dergl. Die Griechen verwandten dazu vor allen Dingen die dem Götterreiche entsprungene Rose, das jungfräuliche, dunkle Veilchen, den Levkoi, das weiße Veilchen der Io, ferner Goldlack, Traubenhyazinthe, Narzisse, Lilie, Anemone und Thymian, endlich auch Immortellen (Helichrysum stoechas) und Amarant.

Die Sieger im Kriege wurden mit Ölzweigen, die Sieger in den olympischen Spielen mit Lorbeer bekränzt. Die Römer flochten ursprünglich ihre Bürgerkrone aus dem Laube der Stecheiche (Quercus ilex), und der ehrenvollste Kranz als Belohnung erworbenen Ruhmes war die aus Gras geflochtene corona graminea.

Nach alledem muß es im Pflanzenreiche noch etwas Anderes geben, was den Menschen fesselt, als nur allein die Unentbehrlichkeit und die unendlich vielseitige Benutzung, welche die Pflanzen zulassen. Ohne Zweifel ist es die Erscheinung der Pflanze selbst, die Anmut ihrer Farben und Formen, das Harmonische in ihrem ganzen Wesen, was dem Beschauer in den mannigfaltigsten Abänderungen immer wieder von neuem entgegentritt, mit einem Worte „der Eindruck der Schönheit der Pflanzen“. Deshalb hat ja auch die Dichtkunst die Pflanzenwelt in ihrer Gesamtheit wie einzelne Repräsentanten derselben so oft und so hoch gefeiert, und daß selbst unser Herr und Meister von dieser Schönheit ergriffen war, sagt das einfache Wort:

> Schauet die Lilien auf dem Felde, wie sie wachsen . . . .
> Ich aber sage Euch, daß auch Salomo in aller seiner Herrlichkeit nicht bekleidet gewesen ist als derselben eine.

„In der Pflanze tritt uns die reine Naturschönheit entgegen, an der nichts Gemachtes ist, die reine und offene Darlegung der inneren Natur. Denn die Pflanze geht ganz auf in ihrer Darstellung, sie hat nicht außer dem Bildungs- und Selbstgestaltungsprozesse noch ein anderes, innerlicheres, nicht unmittelbar erscheinendes Leben wie das Tier und der Mensch; es gilt von ihr vorzugsweise, was Göthe von der Natur im allgemeinen sagt:

Nichts ist drinnen, nichts ist draußen,
Denn was innen, das ist außen,
So ergreifet ohne Säumnis
Heilig öffentlich Geheimnis.

Man kann also wohl sagen, es ist die Wahrheit in der Erscheinung der Pflanze, welche auf den Menschen wirkt:

Die Bäume sind meine Bücher:
Was sie uns sagen ist Wahrheit

spricht der englische Dichter Shelley; und was die Bäume erzählen, das haben unsere Dichter, freilich in ihrer Weise, und von subjektiven Stimmungen beeinflußt vielfältig wiederzugeben und auszulegen versucht.

In der Pflanze ist also nichts Verstecktes, keine trügerische List, kein heimliches Lauern, wie es uns unter den Tieren, die sich untereinander verfolgen und bekämpfen, so oft aufstößt. Es ist daher auch der Friede der Pflanzenwelt, der den Menschen anzieht und aus dem unruhigen Treiben des Lebens immer wieder in die Natur zurückführt, ihn auf der grünenden blumenreichen Flur, im stillen Walde oder auf der einsamen Haide Erquickung suchen läßt.

Wenn du ein tiefes Leid erfahren,
Tiefschmerzlich, unergründlich bang,
Dann flüchte aus der Menschheit Schaaren,
Zum Walde richte deinen Gang.

Ludw. Frankl.

Geh aus auf grüner Haide,
Wos Blümlein blüht voll Freude,
In Duft, Gesang und Strahl;
Leg dich zu ihm darnieder,
Duft, Himmelsglanz und Lieder,
Die heilen deine Qual.

Justinus Kerner.

Wenn Kummer dich befallen,
Geh hin zum grünen Wald,
Da trifft du Tempelhallen
In ihrer Urgestalt.

Dort kann dein Herz gesunden,
Gott wohnt im grünen Hain,
Hast Frieden dann gefunden,
Gehst neugestärkt du heim.

E. M. Arndt.

Solche Stimmungen sind es, die die Pflanzenwelt hervorruft.

Beim Anblicke der Bäume und des Waldes überhaupt werden aber noch andere Eindrücke ganz besonderer Art lebendig. Es ist eine Eigentümlichkeit ausdauernder Pflanzen, namentlich der Holzgewächse, sich von Jahr zu Jahr zu verjüngen und in der Aneinanderreihung oder dem Übereinanderbau der Jahresgenerationen mehr und mehr zu erstarken. Es verbindet sich bei ihnen die Jugend in steter Wiederholung mit dem Alter zu immer kräftigerer Entwicklung, was Humboldt mit den Worten ausdrückt:

> In den Gewächsen allein sind Alter und Ausdruck der stets
> sich erneuernden Kraft miteinander gepaart.
>
> Humb. Kosmos I. 371.

Darum knüpft sich an den Baumwuchs, zumal an die hohen Riesen des Waldes, welche unerschütterlich fest stehen in dem Wechsel kommender und gehender Geschlechter der Menschen, der Eindruck unvergänglicher Kraft und Dauer, mahnend an die ewige Quelle der Kraft, aus welcher alles Zeitliche und Vergängliche fließt. Wo aber mächtiger Baumwuchs sich mit den Kronen domartig zusammenwölbt, wie es in unvergleichlicher Weise im nordischen Buchenwalde der Fall ist, da vor allen fühlt sich der Mensch in dem Tempel Gottes, der nicht von Menschenhänden gemacht ist und den die gotische Baukunst mit ihren senkrecht aufstrebenden Pfeilern, ihren schlanken Spitzbögen, ihren hochgewölbten Gängen und hohen Fenstern in so bewunderungswürdiger Weise nachzuahmen, gleichsam den heiligen Hain im Gebiet der Kunst wiederzugeben gewußt hat." *)

> Von den stolzen Tempelhallen,
> Auf der weiten Gotteswelt
> Ists der grüne Wald vor allen,
> Der das Herz gefangen hält.
>
> Zeise.

*) Vergl. Die Bedeutung der Pflanzenkunde für die allgemeine Bildung. Rede von Prof. Alex. Braun.

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel 1.

1. [illegible]

[illegible]

2. [illegible]
3. [illegible]
4. Phytophthora infestans *de By.*, Pilz der Kartoffelkrankheit.
5. Brandpilze: a) Ustilago segetum *Ditm.*, Flugbrand, b) Tilletia caries *Tul.*, Schmierbrand, c) Urocystis occulta *Rabenh.*, Stengelbrand.
6. Puccinia graminis *de By.*, Grasrost: a) Sommersporen, b) Wintersporen, c) Aecidium, d) Spermogonien.
7. Tuber cibarium *Sow.*, Trüffel: a) Rinde, b) durchschnitten.
8. Penicillium glaucum *Link.*, gemeiner Pinselschimmel.
9. Aspergillus glaucus *Link.*, a) grüner Kopfschimmel, b) junges Perithecium.
10. Xylaria hypoxylon *Grev.*, Holzkernpilz.
11. Claviceps purpurea *Kühn*, Mutterkornpilz: a) Ähre mit Mutterkorn, b) der aus dem Mutterkorn hervorgegangene Pilz.
12. a) Peziza cochleata *D.C.*, schneckenförmiger Becherpilz, b) P. aurantia *Müll.*, orangeroter Becherpilz.
13. Morchella esculenta *Fr.*, Speisemorchel.
14. [illegible]
15. [illegible]
16. [illegible]
17. Auricularia sambucina *Mart.*, Judasohr.

Tafel 3.

18. Clavaria botrytis *Pers.*, rote Hirschschwamm oder Bärentatze.
19. Clavaria coralloides *L.*, Korallenschwamm.
20. Clavaria flava *Pers.*, gelber Hirschschwamm, Bärentatze, Ziegenbart.
21. Thelephora palmata *Fr.*, handförmiger Warzenschwamm.
22. Hydnum imbricatum *L.*, Habichtschwamm, Rehpilz.
23. Hydnum repandum *L.*, Stoppelschwamm.
24. Fistulina hepatica *Fr.*, Leber- oder Zungenpilz.
25. Boletus scaber *Fr.*, Birkenpilz, Kapuzinerpilz.
26. Boletus scaber *Fr.* var. aurantiacus, Rothäuptchen.
27. Boletus luteus *Fr.*, Butter- oder Ringpilz.
28. Polyporus confluens *Fr.*, Semmelpilz, buschiger Porling.
29. Boletus subtomentosus *L.*, Filz-Röhrling, Ziegenlippe.
30. Boletus edulis *Bull.*, Steinpilz, Herrenpilz, eßbarer Röhrling.
31. Boletus (sapidus) impolitus *Fr.*, wohlschmeckender Röhrling.
32. Polyporus umbellatus *Fr.*, Eichhase, doldiger Porling.
33. Polyporus ovinus *Fr.*, Schafeuter, Eierpilz.
34. Trametes suaveolens *Fr.*, Anispilz.

35. Cantharellus cibarius *Fr.*, Eierschwamm, Gelbschwämmchen, Pfifferling.
36. Cantharellus aurantiacus *Fr.*, falscher Eierschwamm oder falscher Pfifferling.
37. Gomphidius glutinosus *Fr.*, Schleimpilz, Trichterpilz, schleimiger Keilblätterpilz.
38. Coprinus comatus *Fr.*, schopfförmiger Tintling.

Tafel 3.

39. Agaricus (Psalliota) campestris *L.*, Champignon.
40. Agaricus (Psalliota) campestris *L.*, v. silvicola, waldbewohnender Champignon.
NB. Die entwickeltste Form ist fälschlicher Weise braun koloriert; sie muß ebenfalls weiß aussehen.
41. Marasmius oreades *Fr.*, Herbst-Mousseron, Krösling.
42. Agaricus (Lepiota) granulosus *Batsch*, körniger Blätterpilz.
43. Agaricus (Armillaria) melleus *Flor. Dan.*, Hallimasch.
44. Lactarius deliciosus *Fr.*, echter Reizker.
45. Agaricus (Clitopilus) prunulus *Scop.*, Pflaumenpilz, fälschlich Mousseron genannt.
46. Marasmius scorodonius *Fr.*, Lauchschwamm, Mousseron.
47. Agaricus (Lepiota) procerus *Scop.*, Parasolschwamm.
48. Hygrophorus virgineus *Fr.*, Jungfernpilz.
49. Agaricus (Clitocybe) odorus *Bull.*, Anisblätterpilz.
50. Russula emetica *Fr.*, Speiteufel.
NB. Das Sternchen auf der Tafel ist zu streichen, denn der Pilz ist sehr giftig.
51. Hygrophorus eburneus *Fr.*, Elfenbeinschwamm.
52. Agaricus (Collybia) fusipes *Bull.*, spindelstieliger Blätterpilz.
53. Agaricus (Psalliota) cretaceus *Fr.*, kreidehutiger Blätterpilz.
54. Agaricus (Clitocybe) clavipes *Pers.*, keulenstieliger Blätterpilz.

Tafel 4.

55. Leptogium lacerum *Kbr.*, zerschlitzte Gallertflechte.
56. Graphis scripta *Ach.*, Schriftflechte.
57. Cyphelium chrysocephalum *Turn.*, gelbe Knopfflechte.
58. Urceolaria scruposa *Ach.*, rauhe Krugflechte.
59. Baeomyces roseus *Pers.*, rosenrote Korallenflechte.
60. Imbricaria conspersa *D.C.*, bestreute Schildflechte.
61. Sticta pulmonacea *Ach.*, Lungenflechte.
62. Solorina saccata *Ach.*, sackförmige Solorine.
63. Cetraria islandica *Ach.*, isländische Moosflechte.
64. Usnea barbata *Fr.*, Bartflechte.
65. Roccella tinctoria *D.C.*, Lackmusflechte.
66. Cladonia fimbriata *Fr.*, gewimperte Säulchenflechte.
67. Cladonia rangiferina *Hoffm.*, Renntierflechte.
68. Gloeocapsa polydermatica *Kütz.*, vielhäutige Schleimkapsel.
69. Nostoc commune *Vauch.*, gemeiner Rostok.
70. Synedra ulna *Ehrbg.*, Ellenstäbchen.
71. Amphiprora paludosa *Sm.*, Flügelschiffchen.
72. Cosmarium botrytis *Menegh.*, Schmuckscheibchen.
73. Alaria esculenta *Grev.*, eßbarer Flügeltang.
74. Fucus vesiculosus *L.*, Blasentang.
75. Batrachospermum moniliforme *Roth*, perlschnurförmige Froschlaichalge.
76. Polysiphonia Harveyi *Bailey*, Harveys Röhrentang.

Tafel 5.

77. Riccia glauca *L.*, blaugrüne Riccie.
78. Marchantia polymorpha *L.*, vielgestaltiges Leberkraut.
79. Aneura pinguis *Dum.*, fettglänzender Ohnnerv.
80. Andraea rupestris *Turn.*, Felsen-Steinmoos.
81. Hypnum revolvens *Sw.*, zurückgerolltes Astmoos.
82. Leskea polycarpa *Ehrh.*, vielfrüchtige Leskee.
83. Neckera crispa *Hedw.*, krauses Neckermoos.
84. Fontinalis antipyretica *L.*, gemeines Quellmoos.
85. Fissidens bryoides *Hedw.*, knotenmoosähnlicher Spaltzahn.
86. Polytrichum gracile *Menz.*, zierlicher Widerthon (Filzmütze).
87. Webera elongata *Schwaegr.*, verlängerte Webera.
88. Bryum inclinatum *Bland.*, geneigtes Knotenmoos.

Tafel 6.

89. Philonotis fontana *Brid.*, Quellmoos.
90. Funaria hygrometrica *Sibth.*, gemeines Drehmoos.
91. Orthotrichum pumilum *Sw.*, zwergiges Goldhaarmoos.
92. Tetraplodon mnioides *Schimp.*, sternmoosähnlicher Vierzahn.
93. Bryum pendulum *Schimp.*, nickendes Knotenmoos.

94. Barbula gracilis *Schwaegr.*, zierliches Bartmoos.
95. Dicranum majus *Turn.*, großer Gabelzahn.
96. Eucladium verticillatum *Br. et Schimp.*, wirtelblättrige Eucladie.
97. Grimmia apocarpa *Sm.*, versteckt-früchtige Grimmie.
98. Encalypta vulgaris *Hedw.*, gemeiner Glockenhut.
99. Trichostomum rubellum *Rbh.*, roter Haarmund.
100. Physcomitrella patens *Bryol europ.*, offene Blasenhaube.
101. Sphagnum cymbifolium *Ehrh.*, kahn-blättriges Torfmoos.
102. Pilularia globulifera *L.*, Pillenkraut, Pillenfarn.

Tafel 7.

103. Ceterach officinarum *Willd.*, gemeiner Milzfarn.
104. Polypodium vulgare *L.*, gemeiner Tüpfelfarn, Engelsüß.
105. Phegopteris polypodioides *Fée*, tüpfel-farnartiger Eichenfarn.
106. Phegopteris Dryopteris *Fée*, gemeiner Eichenfarn.
107. Onoclea struthiopteris *Hoffm.*, (Struthiopteris germanica *Willd.*), deutscher Straußfarn.
108. Asplenium filix femina *Bernh.*, weiblicher Streifenfarn, falscher Wurmfarn.
109. Asplenium adiantum nigrum *L.*, schwarzer Streifenfarn.
110. Asplenium ruta muraria *L.*, Mauerraute.
111. Asplenium septentrionale *Hoffm.*, nördlicher Streifenfarn.
112. Scolopendrium officinarum *Sw.*, gemeiner Zungenfarn, Hirschzunge.

Tafel 8.

113. Pteris aquilina *L.*, Adler-Saumfarn, Adlerfarn.
114. Adiantum capillus Veneris *L.*, Frauenhaar, Venushaar.
115. Aspidium lonchitis *Sw.*, lanzenförmiger Schildfarn.
116. Aspidium filix mas *Sw.*, männlicher Schildfarn, Wurmfarn.
117. Aspidium spinulosum *Sw.*, spitzzähniger Schildfarn.
118. Aspidium oreopteris *Sw.*, Bergschildfarn.
119. Aspidium thelypteris *Sw.*, Sumpf-Schildfarn.
120. Cystopteris fragilis *Bernh.*, zerbrechlicher Blasenfarn.
121. Ophioglossum vulgatum *L.*, gemeine Natterzunge.
122. Osmunda regalis *L.*, Königs-Rispenfarn, Königsfarn.
123. Botrychium lunaria *Sw.*, gemeine Mondraute, Walpurgiskraut.
124. Cycas circinalis *L.*, großblättrige Sagopalme.
125. Zamia pumila *L.*, niedrige Zamie.

Tafel 9.

126. Isoëtes lacustris *L.*, gemeines Brachsenkraut.
127. Zannichellia palustris *L.*, kurzgestielte Zanichellie.
128. Potamogeton natans *L.*, schwimmendes Laichkraut.
129. Lemna minor *L.*, Wasserlinse, Meerlinse, Entengrün.
130. Calla palustris *L.*, Sumpf-Schlangenkraut, Drachenschwanz.
131. Arum maculatum *L.*, gefleckter Aronsstab, Zehrwurz.
132. Acorus calamus *L.*, gemeiner Kalmus, deutscher Zittwer.
133. Typha angustifolia *L.*, schmalblättrige Rohrkolbe, Kupferkeule.
134. Sparganium ramosum *Huds.*, ästiger Igelskolben.
135. Sagittaria sagittifolia *L.*, Pfeilkraut.
136. Alisma plantago *L.*, Froschlöffel.
137. Stratiotes aloides *L.*, Wasser-Scheere.
138. Hydrocharis morsus ranae *L.*, Froschbiß.
139. Nuphar luteum *Sm.*, gelbe Mummel, Nixblume.
140. Nymphaea alba *L.*, weiße Kandel, Seerose.

Tafel 10.

141. Lolium temulentum *L.*, ausdauernder Lolch.
142. Cynosurus cristatus *L.*, Kammgras.
143. Elymus europaeus *L.*, Wald-Haargras.
144. Hordeum murinum *L.*, Mäuse-Gerste.
145. Brachypodium pinnatum *P. B.*, gefiederte Zwenke.
146. Triticum repens *L.*, Acker-Quecke.
147. Triticum spelta *L.*, Ähre vom Dinkel, Spelt oder Spelz.
148. Triticum vulgare *Vill.*, Ähre vom gemeinen Weizen (Sommerweizen).
149. Secale cereale *L.*, Ähre vom Roggen oder Korn.
150. Cynodon dactylon *Pers.*, gefingertes Hundszahngras, Himmelsschwaden.
151. Chamagrostis minima *Borkh.*, Zwerggras.
152. Panicum sanguinale *L.*, Bluthirse, Fingerhirse, Himmelstau.

Solche Stimmungen sind es, die die Pflanzenwelt hervorruft.

Beim Anblicke der Bäume und des Waldes überhaupt werden aber noch andere Eindrücke ganz besonderer Art lebendig. Es ist eine Eigentümlichkeit ausdauernder Pflanzen, namentlich der Holzgewächse, sich von Jahr zu Jahr zu verjüngen und in der Aneinanderreihung oder dem Übereinanderbau der Jahresgenerationen mehr und mehr zu erstarken. Es verbindet sich bei ihnen die Jugend in steter Wiederholung mit dem Alter zu immer kräftigerer Entwicklung, was Humboldt mit den Worten ausdrückt:

> In den Gewächsen allein sind Alter und Ausdruck der stets
> sich erneuernden Kraft miteinander gepaart.
>
> Humb. Kosmos I. 371.

Darum knüpft sich an den Baumwuchs, zumal an die hohen Riesen des Waldes, welche unerschütterlich fest stehen in dem Wechsel kommender und gehender Geschlechter der Menschen, der Eindruck unvergänglicher Kraft und Dauer, mahnend an die ewige Quelle der Kraft, aus welcher alles Zeitliche und Vergängliche fließt. Wo aber mächtiger Baumwuchs sich mit den Kronen domartig zusammenwölbt, wie es in unvergleichlicher Weise im nordischen Buchenwalde der Fall ist, da vor allen fühlt sich der Mensch in dem Tempel Gottes, der nicht von Menschenhänden gemacht ist und den die gotische Baukunst mit ihren senkrecht aufstrebenden Pfeilern, ihren schlanken Spitzbögen, ihren hochgewölbten Gängen und hohen Fenstern in so bewunderungswürdiger Weise nachzuahmen, gleichsam den heiligen Hain im Gebiet der Kunst wiederzugeben gewußt hat." *)

> Von den stolzen Tempelhallen,
> Auf der weiten Gotteswelt
> Ists der grüne Wald vor allen,
> Der das Herz gefangen hält.
>
> Zeise.

*) Vergl. Die Bedeutung der Pflanzenkunde für die allgemeine Bildung. Rede von Prof. Alex. Braun.

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel 1.

1. Bakterien: a) Micrococcus vaccinae *Cohn*, Pilz der Kuhpockenlymphe, b) Bacterium termo *Duj.*, Fäulnißferment, c) Bacillus anthracis *Cohn*, Pilz des Milzbrandes, d) derselbe, Sporen tragend, e) Spirochaete Obermeieri *Cohn*, Kontagium des Rückfallstyphus zwischen Blutkörperchen. *)

Anmerk.: *) Leider ist durch ein Versehen die Spirochaete von der Tafel wieder beseitigt worden und sind nur die Blutkörperchen geblieben. Die Figur wird Bd. II, Fig. 12 III nachgeliefert werden.

2. Saccharomyces cerevisiae *Rees*, Bierhefe, S. mycoderma *Rees*, Kahmpilz.
3. Rhizopus nigricans *Ehrbg.*, kriechender Kolbenschimmel: a) köpfchentragend, b) einzelnes Köpfchen entleert, c) Zygospore.
4. Phytophthora infestans *de By.*, Pilz der Kartoffelkrankheit.
5. Brandsporen: a) Ustilago segetum *Ditm.*, Flugbrand, b) Tilletia caries *Tul.*, Schmierbrand, c) Urocystis occulta *Rabenh.*, Stengelbrand.
6. Puccinia graminis *de By.*, Grasrost: a) Sommersporen, b) Wintersporen, c) Aecidium, d) Spermogonien.
7. Tuber cibarium *Sow.*, Trüffel: a) Rinde, b) durchschnitten.
8. Penicillium glaucum *Link.*, gemeiner Pinselschimmel.
9. Aspergillus glaucus *Link.*, a) grüner Kopfschimmel, b) junges Perithecium.
10. Xylaria hypoxylon *Grev.*, Holzkernpilz.
11. Claviceps purpurea *Kühn*, Mutterkornpilz: a) Ähre mit Mutterkorn, b) der aus dem Mutterkorn hervorgegangene Pilz.
12. a) Peziza cochleata *D.C.*, schneckenförmiger Becherpilz, b) P. aurantia *Müll.*, orangeroter Becherpilz.
13. Morchella esculenta *Fr.*, Speisemorchel.
14. Helvella esculenta *Pers.*, wohlschmeckende Lorchel.
15. Lycoperdon bovista *Fr.*, Riesenstäubling.
16. Calocera viscosa *Fr.*, klebriger Hörnling.
17. Auricularia sambucina *Mart.*, Judasohr.

Tafel 2.

18. Clavaria botrytis *Pers.*, roter Hirschschwamm oder Bärentatze.
19. Clavaria coralloides *L.*, Korallenschwamm.
20. Clavaria flava *Pers.*, gelber Hirschschwamm, Bärentatze, Ziegenbart.
21. Thelephora palmata *Fr.*, handförmiger Warzenschwamm.
22. Hydnum imbricatum *L.*, Habichtschwamm, Rehpilz.
23. Hydnum repandum *L.*, Stoppelschwamm.
24. Fistulina hepatica *Fr.*, Leber- oder Zungenpilz.
25. Boletus scaber *Fr.*, Birkenpilz, Kapuzinerpilz.
26. Boletus scaber *Fr.* var. aurantiacus, Rothäuptchen.
27. Boletus luteus *Fr.*, Butter- oder Ringpilz.
28. Polyporus confluens *Fr.*, Semmelpilz, buschiger Porling.
29. Boletus subtomentosus *L.*, Filz-Röhrling, Ziegenlippe.
30. Boletus edulis *Bull.*, Steinpilz, Herrenpilz, eßbarer Röhrling.
31. Boletus (sapidus) impolitus *Fr.*, wohlschmeckender Röhrling.
32. Polyporus umbellatus *Fr.*, Eichhase, doldiger Porling.
33. Polyporus ovinus *Fr.*, Schafeuter, Eierpilz.
34. Trametes suaveolens *Fr.*, Anispilz.

279. Curcuma longa *L.*, in Ostindien, liefert die Gelbwurzel.
280. Maranta arundinacea *L.*, Pfeilwurzel.

Tafel 20.

281. Musa paradisiaca *L.*, gemeiner Pisang.
282. Phoenix dactylifera *L.*, Dattelpalme.
283. Metroxylon Rumphii *Mart.*, Sagopalme der Sundainseln.
284. Areca catechu *L.*, Betelpalme.
285. Corypha umbraculifera *L.*, gemeine Schirmpalme, Talipotbaum.
286. Cocos aculeata *Jacq.*, Makasuba-Palme.
287. Chamaerops humilis *L.*, niedrige Zwergpalme.

Tafel 21.

288. Chara hispida *L.*, rauhhaariger Armleuchter.
289. Najas minor *All.*, kleines Nixenkraut.
290. Ceratophyllum demersum *L.*, stachelfrüchtiges Hornblatt.
291. Lycopodium clavatum *L.*, Kolben-Bärlapp, Schlangenmoos.
292. Nepenthes destillatoria *L.*, zeylonischer Kannenträger.
293. Equisetum arvense *L.*, Ackerschachtelhalm, Katzenwedel, Duwock.
294. Ephedra distachya *L.*, zweiähriges Meerträubchen.
295. Taxus baccata *L.*, Eibenbaum.
296. Thesium alpinum *L.*, Bergflachs.
297. Santalum album *L.*, weißer Sandelbaum.
298. Larix europaea *D.C.*, gemeine Lärche.
299. Picea vulgaris *Lk.*, gemeine Fichte, Rottanne. Abies excelsa.
300. Pinus pinea *L.*, Pinie, Pignole.
301. Pinus silvestris *L.*, gemeine Kiefer, Föhre,
302. Pinus cedrus *L.*, (Cedrus libanotica *Lk.*) Ceder vom Libanon.
303. Cupressus sempervirens *L.*, gemeine Cypresse.
304. Juniperus communis *L.*, gemeiner Wachholder, Kranawittstrauch.
305. Platanus orientalis *L.*, orientalische Platane.
306. Liquidambar styraciflua *L*, in Nordamerika, liefert den flüssigen Styrax.

Tafel 22.

307. Hippophaë rhamnoides *L.*, weidenblättriger Sanddorn, Rheindorn.
308. Banksia Cunninghamii *Sbr.*, Cunninghams Banksie.
309. Passerina annua *Wikstr.*, einjährige Spatzenzunge.
310. Daphne cneorum *L.*, wohlriechender Kellerhals.
311. Salix purpurea *L.*, Purpur-Weide.
312. Salix fragilis *L.*, Bruch- oder Knackweide.
313. Salix Russeliana *Koch*, hohe Weide.
314. Salix pentandra *L.*, Lorbeer-Weide.
315. Populus nigra *L.*, Schwarz-Pappel.
316. Populus pyramidalis *Rozier*, Pyramidenpappel.
317. Betula alba *L.*, Weiß- oder Hängebirke.
318. Alnus glutinosa *Gaertn.*, Schwarzerle.
319. Carpinus betulus *L.*, Hornbaum, Hain-, Weißbuche.
320. Myrica gale *L.*, gemeiner Gagel, Wachsmyrte.
321. Corylus avellana *L.*, gemeiner Haselstrauch.
322. Fagus silvatica *L.*, Rotbuche.
323. Castanea sativa *Mill.*, eßbare Kastanie.
324. Quercus pedunculata *Ehrh.*, Stiel-, Sommereiche.
325. Quercus sessiliflora *Sm.*, Stein-, Traubeneiche.
326. Quercus suber *L.*, Korkeiche.
327. Quercus infectoria *Oliv.*, echte levantinische Galleiche.

Tafel 23.

328. Ficus carica *L.*, gemeiner Feigenbaum.
329. Artocarpus incisa *L.*, echter Brotfruchtbaum.
330. Morus nigra *L.*, schwarzer Maulbeerbaum.
331. Humulus lupulus *L.*, gemeiner Hopfen,
332. Cannabis sativa *L.*, gemeiner Hanf.
333. Ulmus campestris *L.*, Feldrüster, Ulme.
334. Urtica urens *L.*, kleine Brennnessel.
335. Parietaria officinalis *L.*, aufrechtes Glaskraut.
336. Dorstenia contrayerva *L.*, Gift- oder Bezoarwurzel.
337. Mirabilis jalapa *L.*, gemeine Wunderblume, westindische Vieruhrblume, Schweizerhose.
338. Piper nigrum *L.*, schwarzer Pfeffer.
339. Aristolochia clematitis *L.*, gemeine Osterluzei.
340. Aristolochia serpentaria *L.*, virginische Schlangenwurzel.
341a. Asarum europaeum *L.*, gemeine Haselwurz.
341b. Myristica fragrans *Houtt.*, Muskatnußbaum.
342. Cinnamomum camphora *F. Nees u. Eberm.*, Kampherbaum.
343. Cinnamomum cassia *Bl.*, Kassien-Zimmetbaum.
344. Sassafras officinalis *Nees*, Sassafrasbaum.

345. Cinnamomum ceylanicum *Breyn*, zeylonischer Zimmetbaum.

Tafel 24.

346. Statice armeria *L.*, gemeine Grasnelke.
347. Plumbago capensis *Thnbg.*, Kap'sche Bleiwurz.
348. Knautia arvensis *Coult.*, Acker-, Witwenblume.
349. Knautia columbaria *Coult.*, Tauben-Grindkraut.
350. Succisa pratensis *Mnch.*, Wiesen-, Teufelsabbiß.
351. Dipsacus silvestris *Huds.*, wilde Karde.
352. Valerianella olitoria *Mnch.*, gemeines Rapünzchen.
353a. Valeriana officinalis *L.*, gebräuchlicher Baldrian.
353b. Valeriana dioica *L.*, Wiesen-Baldrian.
354. Sambucus ebulus *L.*, Zwergholunder Zwerg-Ellhorn.
355. Viburnum opulus *L.*, gemeiner Schneeball, gemeine Schlinge.
356. Linnaea borealis *L.*, Erdkrönchen.
357. Lonicera caprifolium *L.*, Jelängerjelieber.
358. Viscum album *L.*, weiße Mistel, Donarbesen.
359. Loranthus europaeus *Jcq.*, europäische Riemenblume.
360. Vaccinium oxycoccus *L.*, Wuotans- oder Moosbeere.
361a. Vaccinium vitis Idaeae *L.*, Preißel- oder Kronsbeere.
361b. Vaccinium myrtillus *L.*, Heidel-, Blau-, Bickbeere, Besingen, Kuhtecke.

Tafel 25.

362. Asperula odorata *L.*, Waldmeister.
363. Galium aparine *L.*, Klebkraut, Kleban.
364. Galium cruciata *Scop.*, Kreuz-, Labkraut.
365. Rubia tinctorum *L.*, Färberröte, Krapp.
366. Sherardia arvensis *L.*, Ackerröte.
367. Richardsonia scabra *Humb.*, *Bonp.*, *Knth.*, liefert weiße Ipecacuanhawurzel.
368. Psychotria emetica *Mutis*, in Neugranada, liefert auch Ipecacuanha.
369. Cephaëlis ipecacuanha *Willd.*, liefert echte Ipecacuanha.
370. Coffea arabica *L.*, Kaffeebaum.
371. Uncaria gambir *Roxb.*, liefert Catechu.
372. Cinchona oblongifolia *Mutis*, liefert die rote Chinarinde.
273. Exostemma floribundum *Willd.*, liefert unechte Chinarinde.
374. Calendula officinalis *L.*, Ringelblume.
375. Helianthus tuberosus *L.*, Erdbirne, Topinambur.
376. Centaurea scabiosa *L.*, grindkrautartige Flockenblume.
377. Artemisia absinthium *L.*, Wermut.
378. Gnaphalium dioicum *L.*, Katzenpfötchen.
379. Gnaphalium luteo-album *L.*, gelbweißes Ruhrkraut.

Tafel 26.

380. Tanacetum balsamita *L.*, Riech- oder Marienblatt.
381. Tanacetum vulgare *L.*, Rainfarn.
382. Anthemis arvensis *L.*, Acker-Hundskamille.
383. Achillea ptarmica *L.*, Dorant, Bertramgarbe.
384. Matricaria chamomilla *L.*, echte Kamille.
385. Chrysanthemum corymbosum *L.*, ebensträußige Wucherblume.
386. Chrysanthemum leucanthemum *L.*, weiße Wucherblume.
387. Bellis perennis *L.*, Gänseblume, Maßliebe.
388. Bellidiastrum Michelii *Cass.*, Michelis Alpenmaßliebe.
389. Arnica montana *L.*, Berg-Wohlverlei.
390. Inula conyza *D.C.*, sparriger Alant.
391. Linosyris vulgaris *Cass.*, Goldaster.
392. Buphthalmum salicifolium *L.*, weidenblättriges Rindsauge
393. Inula helenium *L.*, echter Alant.
394. Pulicaria dysenterica *Gaertn.*, Ruhrwurz, Dummergahn.
395. Stenastis annua *Nees* (Diplopappus annuus *Rchb.*), maßliebenblütiger Feinstrahl.
396. Erigeron acer *L.*, scharfes Berufskraut.
397. Tussilago farfara *L.*, gemeiner Huflattich.
398. Senecio campester *D.C.*, Feld-Kreuzkraut.
399. Senecio vulgaris *L.*, Vogelfutter-Kreuzkraut.
400. Senecio Jacobaea *L.*, Jakobs-Kreuzkraut.
401. Solidago virgaurea *L.*, gemeine Goldrute.
402. Aster amellus *L.*, Virgils Aster.

Tafel 27.

403. Bidens tripartitus *L.*, dreiteiliger Zweizahn.
404. Bidens cernua *L.*, nickender Zweizahn.
405. Tagetes patulus *L.*, abstehende Studentenblume.
406. Eupatorium cannabinum *L.*, Wasserdosten, Donarkraut.
407. Adenostyles albida *Cass.*, graublättr. Alpendost.

408. Homogyne alpina *Cass.*, Gebirgs-, Brandlattich.
409. Petasites officinalis *Mnch.*, gebräuchliche Pestwurz, Neunkraft.
410. Lampsana communis *L.*, gemeiner Rainkohl, gemeine Milche.
411. Aposeris foetida *Lessing*, Stinkkohl, Draht-Sengel.
412. Arnoseris minima *Lk.*, kleines Lammkraut.
413. Cichorium intybus *L.*, Wegwarte, wilde Cichorie.
414. Thrincia hirta *Rth.*, rauhe Zinnsaat.
415. Leontodon hispidus *L.*, steifhaariger Löwenzahn, steifhaar. Dohr.
416. Leontodon hastilis *L.*, spießlicher Löwenzahn.
417. Picris hieracioides *L.*, habichtskrautähnlicher Bitterich.
418. Crepis (Barkhausia) foetida *L.*, stinkende Grundfeste, stinkender Pippau.
419. Crepis biennis *L.*, zweijährige Grundfeste, Pippau.
420. Crepis paludosa *Mnch.*, (Geracium paludosum Rchb.), Sumpf-Grundfeste, Sumpf-P.
421. Hieracium umbellatum *L.*, doldiges Habichtskraut.
422. Hypochaeris radicata *L.*, kurzwurzel. Ferkelkraut.

Tafel 28.

423. Taraxacum officinale *Wigg.*, Löwenzahn, Kettenblume.
424. Chondrilla juncea *L.*, binsenartiger Knorpelsalat.
425. Prenanthes purpurea *L.*, Purpur-, Hasenlattich.
426. Lactuca muralis *Gärtn.*, Mauer-Lattich.
427. Lactuca virosa *L.*, Gift-Lattich.
428. Sonchus arvensis *L.*, Acker-Gänsedistel.
429. Scorzonera humilis *L.*, niedrige Schwarzwurz.
430. Tragopogon pratense *L.*, Wiesen-Bocksbart.
431. Carthamus tinctorius *L.*, Saflor.
432. Carduus nutans *L.*, nickende Distel.
433. Cirsium eriophorum *Scop.*, wollköpfige Kratzdistel.
434. Cynara scolymus *L.*, Artischocke.
435. Onopordon acanthium *L.*, Eselsdistel.
436. Lappa tomentosa *Lmk.*, filzige Klette.
437. Serratula tinctoria *L.*, Färberscharte.
438. Carlina acaulis *L.*, stengellose Eberwurz.
439. Echinops ritro *L.*, glattblättrige Kugeldistel.

Tafel 29.

440. Xanthium strumarium *L.*, gemeine Spitzklette, Bettlerlaus.
441. Sicyos angulata *L.*, eckige Haargurke.
442. *a)* Bryonia alba *L.*, schwarzfrüchtige Gichtrübe.
b) Bryonia dioica *Jacq.*, rotfrüchtige Gichtrübe.
443. Ecbalium elaterium *Rich.*, gemeine Eselsgurke, gemeine Spritzgurke.
444. Cucumis melo *L.*, Melone.
445. Cucumis colocynthis *L.*, Bitter- oder Koloquinthen-Gurke.
446. Carica papaya *L.*, Melonenbaum.
447. Passiflora hybrida hybride Passionsblume.
448. Lobelia inflata *L.*, aus Nordamerika, ist offizinell.
449. Jasione montana *L.*, Berg-Jasionsblume.
450. Phyteuma spicatum *L.*, ährige Teufelskralle.
451. Campanula patula *L.*, ausgebreitete Glocke.
452. Specularia speculum *D.C.*, echter Frauenspiegel, Venusspiegel.

Tafel 30.

453. Lycopus europaeus *L.*, gemeiner Wolfsfuß.
454. Mentha aquatica *L.*, Wasser-Minze.
455. Satureja hortensis *L.*, Garten-Pfefferkraut.
456. Mentha pulegium *L.*, Polei-Minze.
457. Thymus serpyllum *L.*, Feld-Polei.
458. Origanum vulgare *L.*, gemeiner Dosten.
459. Ajuga pyramidalis *L.*, Pyramiden-Günsel.
460. Teucrium chamaedrys *L.*, gemeiner Gamander.
461. Teucrium scorodonia *L.*, salbeiblättriger Gamander.
462. Hyssopus officinalis *L.*, gebräuchlich. Ysop.
463. Glechoma hederaceum *L.*, Gundermann, Gundelrebe.
464. Nepeta cataria *L.*, gemeine Katzenminze.
465. Stachys silvatica *L.*, Wald-Ziest.
466. Betonica officinalis *L.*, Flußblume, gebräuchliches Zehrkraut.
467. Lamium amplexicaule *L.*, stengelumfassende Taubnessel.
468. Galeobdolon luteum *Huds.*, Goldnessel.
469. Galeopsis ochroleuca *Lam.*, gelbweißer Hohlzahn, gelbweißer Daun.
470. Leonurus cardiaca *L.*, gemeines Herzgespann, gemeiner Löwenschwanz.

471. **Ballota nigra** *L.*, Feeweibel, Gottesvergeß, schwarzer Stinkandorn.

Tafel 31.

472. **Marrubium vulgare** *L.*, gemeiner Andorn.
473. **Lavandula spica** *L.*, Garten-Spike.
474. **Calamintha acinos** *Clairv.* (Acinos thymoides *Mnch.*), Steinquendel.
475. **Clinopodium vulgare** *L.*, gemeiner Wirbeldosten.
576. **Calamintha grandiflora** *Mönch*, großblütiger Bergthymian.
477. **Melissa officinalis** *L.*, gebräuchliche Melisse.
478. **Melittis grandiflora** *Sm.*, großblumiges Immenblatt.
479. **Dracocephalum moldavicum** *L.*, türkischer Drachenkopf.
480. **Brunella vulgaris** *L.*, gemeines Bräunheil, Gottheil, Brunelle.
481. **Scutellaria galericulata** *L.*, gemeines Helmkraut.
482. **Salvia pratensis** *L.*, Wiesen-Salbei.
483. **Verbena officinalis** *L.*, gebräuchliches Dinskraut, gebr. Eisenhart.
484. **Aloysia (Lippia) citriodora** *Ortoga*, Zitronen-, Punschkraut.

Tafel 32.

Blüten der abgebildeten Lippenblütler. Die Nummern entsprechen denen auf Tafel 30 und 31.

Solche Stimmungen sind es, die die Pflanzenwelt hervorruft.

Beim Anblicke der Bäume und des Waldes überhaupt werden aber noch andere Eindrücke ganz besonderer Art lebendig. Es ist eine Eigentümlichkeit ausdauernder Pflanzen, namentlich der Holzgewächse, sich von Jahr zu Jahr zu verjüngen und in der Aneinanderreihung oder dem Übereinanderbau der Jahresgenerationen mehr und mehr zu erstarken. Es verbindet sich bei ihnen die Jugend in steter Wiederholung mit dem Alter zu immer kräftigerer Entwicklung, was Humboldt mit den Worten ausdrückt:

> In den Gewächsen allein sind Alter und Ausdruck der stets
> sich erneuernden Kraft miteinander gepaart.
>
> Humb. Kosmos I, 371.

Darum knüpft sich an den Baumwuchs, zumal an die hohen Riesen des Waldes, welche unerschütterlich fest stehen in dem Wechsel kommender und gehender Geschlechter der Menschen, der Eindruck unvergänglicher Kraft und Dauer, mahnend an die ewige Quelle der Kraft, aus welcher alles Zeitliche und Vergängliche fließt. Wo aber mächtiger Baumwuchs sich mit den Kronen domartig zusammenwölbt, wie es in unvergleichlicher Weise im nordischen Buchenwalde der Fall ist, da vor allen fühlt sich der Mensch in dem Tempel Gottes, der nicht von Menschenhänden gemacht ist und den die gotische Baukunst mit ihren senkrecht aufstrebenden Pfeilern, ihren schlanken Spitzbögen, ihren hochgewölbten Gängen und hohen Fenstern in so bewunderungswürdiger Weise nachzuahmen, gleichsam den heiligen Hain im Gebiet der Kunst wiederzugeben gewußt hat." *)

> Von den stolzen Tempelhallen,
> Auf der weiten Gotteswelt
> Ists der grüne Wald vor allen,
> Der das Herz gefangen hält.
>
> Zeise.

*) Vergl. Die Bedeutung der Pflanzenkunde für die allgemeine Bildung. Rede von Prof. Alex. Braun.

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel 1.

1. Bakterien: a) Micrococcus vaccinae *Cohn*, Pilz der Kuhpockenlymphe, b) Bacterium termo *Duj.*, Fäulnisferment, c) Bacillus anthracis *Cohn*, Pilz des Milzbrandes, d) derselbe, Sporen tragend, e) Spirochaete Obermeieri *Cohn*, Kontagium des Rückfallstyphus zwischen Blutkörperchen. *)

Anmerk.: *) Leider ist durch ein Versehen die Spirochaete von der Tafel wieder beseitigt worden und sind nur die Blutkörperchen geblieben. Die Figur wird Bd. II, Fig. 12 III nachgeliefert werden.

2. Saccharomyces cerevisiae *Rees*, Bierhefe, S. mycoderma *Rees*, Kahmpilz.
3. Rhizopus nigricans *Ehrbg.*, kriechender Kolbenschimmel: a) köpfchentragend, b) einzelnes Köpfchen entleert, c) Zygospore.
4. Phytophthora infestans *de By.*, Pilz der Kartoffelkrankheit.
5. Brandsporen: a) Ustilago segetum *Ditm.*, Flugbrand, b) Tilletia caries *Tul.*, Schmierbrand, c) Urocystis occulta *Rabenh.*, Stengelbrand.
6. Puccinia graminis *de By.*, Grasrost: a) Sommersporen, b) Wintersporen, c) Aecidium, d) Spermogonien.
7. Tuber cibarium *Sow.*, Trüffel: a) Rinde, b) durchschnitten.
8. Penicillium glaucum *Link.*, gemeiner Pinselschimmel.
9. Aspergillus glaucus *Link.*, a) grüner Kopfschimmel, b) junges Perithecium.
10. Xylaria hypoxylon *Grev.*, Holzkernpilz.
11. Claviceps purpurea *Kühn*, Mutterkornpilz: a) Ähre mit Mutterkorn, b) der aus dem Mutterkorn hervorgegangene Pilz.
12. a) Peziza cochleata *D.C.*, schneckenförmiger Becherpilz, b) P. aurantia *Müll.*, orangeroter Becherpilz.
13. Morchella esculenta *Fr.*, Speisemorchel.
14. Helvella esculenta *Pers.*, wohlschmeckende Lorchel.
15. Lycoperdon bovista *Fr.*, Riesenstäubling.
16. Calocera viscosa *Fr.*, klebriger Hörnling.
17. Auricularia sambucina *Mart.*, Judasohr.

Tafel 2.

18. Clavaria botrytis *Pers.*, roter Hirschschwamm oder Bärentatze.
19. Clavaria coralloides *L.*, Korallenschwamm.
20. Clavaria flava *Pers.*, gelber Hirschschwamm, Bärentatze, Ziegenbart.
21. Thelephora palmata *Fr.*, handförmiger Warzenschwamm.
22. Hydnum imbricatum *L.*, Habichtschwamm, Rehpilz.
23. Hydnum repandum *L.*, Stoppelschwamm.
24. Fistulina hepatica *Fr.*, Leber- oder Zungenpilz.
25. Boletus scaber *Fr.*, Birkenpilz, Kapuzinerpilz.
26. Boletus scaber *Fr.* var. aurantiacus, Rothäuptchen.
27. Boletus luteus *Fr.*, Butter- oder Ringpilz.
28. Polyporus confluens *Fr.*, Semmelpilz, buschiger Porling.
29. Boletus subtomentosus *L.*, Filz-Röhrling, Ziegenlippe.
30. Boletus edulis *Bull.*, Steinpilz, Herrenpilz, eßbarer Röhrling.
31. Boletus (sapidus) impolitus *Fr.*, wohlschmeckender Röhrling.
32. Polyporus umbellatus *Fr.*, Eichhase, doldiger Porling.
33. Polyporus ovinus *Fr.*, Schafeuter, Eierpilz.
34. Trametes suaveolens *Fr.*, Anispilz.

Dehnbarkeit wachsender Sprosse 157.
Dermatogen 69.
Descendenztheorie 343.
Dextrin 25.
Dextrose 25.
Diachaenium 132.
Diagramm der Blüte 107.
Diaheliotropismus 193.
Diaphysis 285.
Dichasium 111.
Dichogamie 222.
Dichotome Verzweigung 78.
Dickenwachstum des Stammes 156.
— der Zellhaut 11.
Differenzierung der Gewebe 69.
Diffusion 114.
Diklinie 220.
Dimorphismus 220.
Diöcische Blüten 220.
Diosmose 140.
Divergenzwinkel 87.
Doldentraube 111.
Dolde 111.
Dorn 102.
Drehungen 182.
Dreiteilige Verzweigung 79.
Druckwirkung auf das Wachstum 157.
Drupa 134.
Drüsenfänger 151.
Drüsen, innere 47.
Drüsenhaare 55.
Drüsige Oberhautbildungen 55.
Düngung, Zweck derselben 140.
Dunkelstarre 195.
Durchwachsung 103. 285.
Ecblastesis 285.
Eiapparat 250.
Eigenwärme 169.
Einfaltungen der Zellwand 38.
Einfächeriger Fruchtknoten 125.
Einlagerung 12.
Einjährige (anuelle) Pflanze 266.
Einrichtungen, damit der Pollenschlauch den Knospenmund findet 249.
Einsamenlappig 130.
Eisbildung in Pflanzen 281.
Eisen 138.
Eiweiß (Sameneiweiß) 129.
Eiweißhaltige Samen 129.
Eiweißlose Samen 129.
Eiweißstoffe 146.
Eizelle 200. 205. 211. 213. 247. 250.
Elastizität 157.
Elektrizität 174.
Elementarstoffe der Pflanze 136.
Embryo 129. 248. 251.
Embryonen, adventive 253.
Embryosack 33. 247. 250.
Emergenzen 102.
Empfängnisfleck 213.
Empfindlichkeit für Kälte 172.
Empfindlichkeit für Licht 186.
Empfindlichkeit für Temperaturschwankungen 187.
Empirisches Diagramm 107.
Endocarpium 134.
Endodermis 67.
Endophyte Parasiten 273.
Endosmose 140.
Endosperm 247. 251.
Epicarpium 134.
Epidermis 50.
Epigynische Blüte 113.
Epinastie 176.
Epiphyte Parasiten 273.
Erblichkeit 328. 344.
Erdkrebs der Fichten 316.
Erfrieren der Pflanzen 281.
Erneuerung der Zelle 31.
Ersticken der Pflanzen 280.
Eryneum-Bildungen 319.
Etiolement 168. 280.
Exine 124.
Exosmose 140.
Fangorgane 151.
Faltung der Zellhaut 38.
Farbstoffe in der Zelle 20. 147.
Farbstoffe, rote 147.
Fasciation 282.
Fasciculus 111.
Federchen 130.
Fette (fette Öle) 144. 145. 146.
Fibrovasalstränge 49. 63.
Filament 122.
Filzgewebe 40.
Flächenwachstum der Zellhaut 8.
Fleckenkrankheiten 307.
Fleischfressende Pflanzen 150.
Flugbrand 312.
Flügelfrucht 132.
Fluorescenz des Chlorophylls 19.
Folgemeristem 42.
Folia involucralia 99.
Folliculus 132.
Fortpflanzung 198.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche 215.
Fovilla 123.
Freie Zellbildung 32.
Fremdbestäubung 218.
Frostkrebs 281.
Frostschutzmittel 281.
Frucht 131.
Fruchtblatt 125.
Fruchthülle 131.
Fruchtknoten 124.
Fruchtstand 134.
Füllgewebe 68.
Funiculus 127.
Gabelige Verzweigung 78.
Gallen 309.

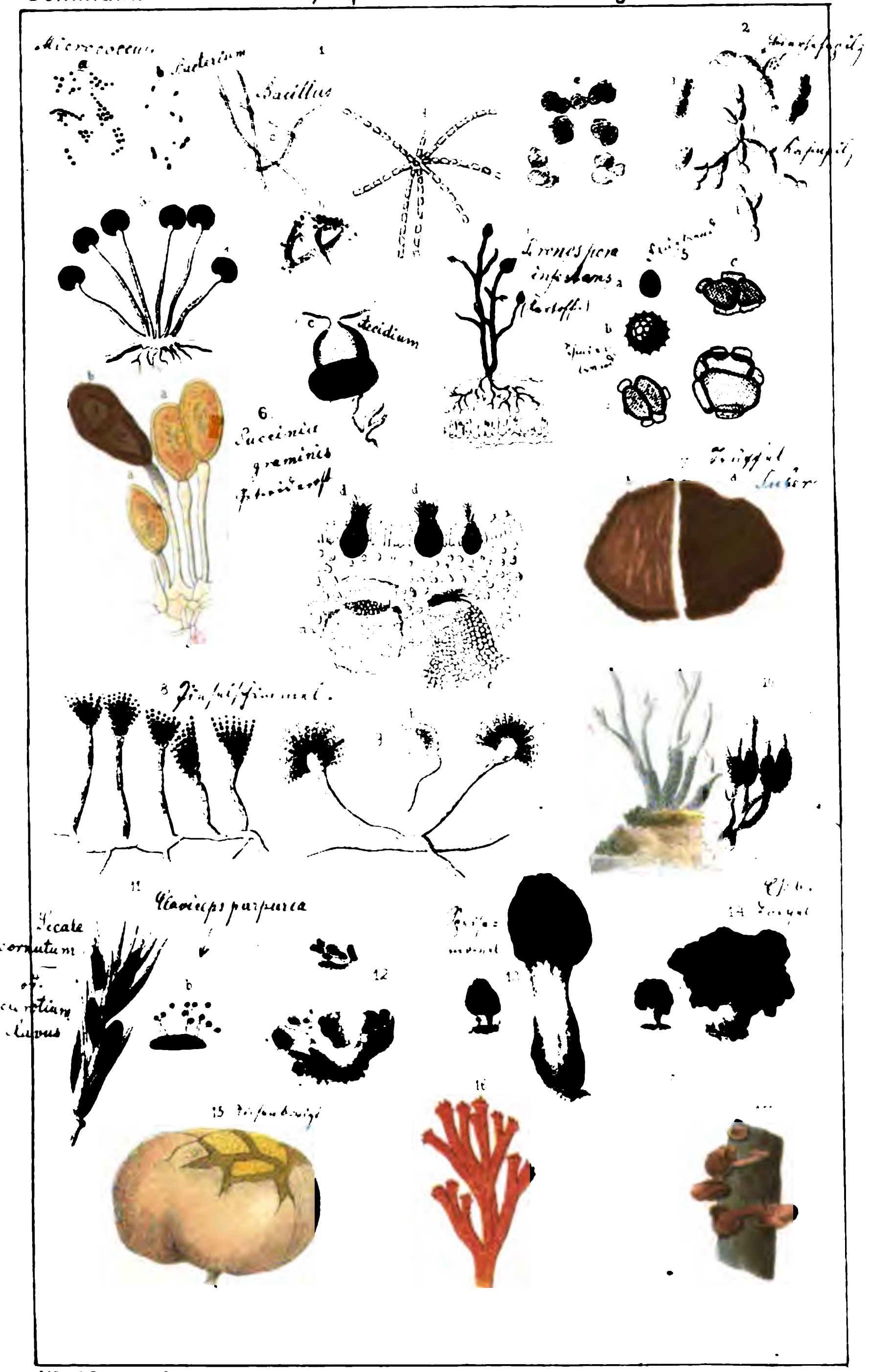
Gamete 201.
Gänge mit ätherischen Ölen 48.
Gase, Eintritt und Bewegung im Pflanzenkörper 163.
Gas (Leuchtgas), Wirkung desselben auf die Pflanzen 288.
Gedrehte Deckung 105.
Gefäßbündel 63.
Gefäßbündelscheide 67.
Gefäße 42.
Gefrieren der Pflanzen 172.
Gegenfüßler der Keimbläschen 250.
Gehülfinnen bei der Befruchtung 250.
Gelenk des Blattstiels 93.
Gelenkpolster 185.
Generationswechsel 203.
Geographie der Pflanzen 355.
Geotropismus 191.
Gerbstoffähnliche Verbindungen 147.
Gerbstoffe 27. 147.
Gerbstoffreaktionen 28.
Germen 124.
Geschlechtliche Fortpflanzung der Lagerpflanzen und zwar der niedersten Formen 200.
Geschlechtliche Fortpflanzung der Lagerpflanzen und zwar der höheren Formen 204.
Geschlechtliche Fortpflanzung der Samenpflanzen 216.
Geschlechtszelle 200.
Gestauchte Stengelglieder 77.
Getüpfelte Gefäße 45.
Gewebe 36.
Gewebeformen 39.
Gewebemassen 40.
Gewebespannung 158.
Gewebesysteme 49.
Gichtkorn des Weizens 324.
Gifte, ihre Wirkung auf Pflanzen 288.
Gipfelwachstum 156.
Glandulae, siehe Drüsen.
Glieder des Pflanzenkörpers 72.
Gliederhaare 54.
Gliederhülse 132.
Gliederschote 132.
Globoide 21.
Glomerulus 111.
Glykose 25.
Granulose 22.
Grasblüte, empirisches Diagramm 107.
Grasrost 314.
Griffel 124. 127.
Griffelkanal 249.
Grundgewebe 67.
Grünfäule 298.
Gummi 13. 147.
Gummigänge 48.
Gummischleim 147.
Gummosis 47.
Gürtelansicht der Diatomeen 203.
Gymnospermen, Mittelglieder zwischen Sporen- und Samenpflanzen 247.
Gynaeceum 124, 217.
Haare 53.
Haargallen 319.
Haargebilde 52. 100.
Haargebilde, Wichtigkeit derselben für die Pflanze 54. 101.
Haarkrone 115.
Halbstrauch 77. 267.
Halbunterständiger Fruchtknoten 113.
Halm 77.
Hakenkletterer 182.
Harze 147.
Harzgänge 48.
Hauptwurzel 82.
Hautdrüsen, blasige 55.
Hautschicht des Protoplasma 14.
Hautgewebe 49.
Heliotropismus 188.
Herkogamie 224.
Herzfäule der Runkelrüben 306.
Heterogamie 285.
Heterostylie 224.
Hexenbesen 294.
Hinfällige Blütenhüllen 114.
Hinterhof 58.
Hinterhofspalte 58.
Hirsebrand 311. 312.
Hochblätter 99.
Holzgefäße 44.
Holzröhren 42. 44.
Holzzellen 6.
Honigtau 289.
Honigtau in den Getreideähren 310.
Hüllkelch 111.
Hülse 132.
Humifiziertes Holz 298.
Humus 139.
Humusbewohner 137.
Hybridation 253.
Hydrophilae 227.
Hydrotropismus 193.
Hypertrophie 282.
Hyphe 207.
Hyphengewebe 40.
Hypochlorin 144.
Hypoderma 50.
Hypodermschichten 68.
Hypogynische Blüte 113.
Hypokotyles Stengelglied 82.
Hyponastie 176.
Jahresring 76.
Icterus 288.
Idioblast 46.
Imbibition 13. 159.
Imbibitionsflüssigkeit 138.
Immergrün 86.
Infloreszenz 107.

Stengelgebilde 72.
Steinbrand 313.
Steinfrucht 134.
Steinzellen 46.
Stellungsverhältnisse des Blattes 86.
Stempel 124.
Stickstoff 137.
Stickstoffhaltige Assimilationsprodukte, Bildung derselben 144.
Stigma 124. 126.
Stilus 124. 126.
Stipula 92.
Stock 77.
Stoffwanderung 145.
Stoffwechsel 145.
Stolo 76.
Stomata 58.
Strangscheide 68.
Strauch 76. 267.
Strauß 111.
Streifung der Zellhaut 11.
Strömung des Protoplasma 17.
Strunk 77.
Stürme, schädlicher Einfluß auf die Vegetation 290.
Superficies des Blattes 96.
Superponierte Blattwirtel 107.
Suspensor 202.
Sympodium, sympodial 78.
Symbiose 272.
" zwischen Pflanzen und Tieren 275.
" zwischen ungleichnamigen Pflanzen 270.
Synergiden 250.
System, natürliches 344.
Taschen der Pflaumen 303.
Teilblättchen 98.
Teilungsgewebe 42.
Temperaturgrenzen 170.
Temperaturwirkungen 169.
Tentakeln 151.
Terminalknospe 74.
Tetraspore 207.
Thallom 73.
Thallus 73.
Theca 123.
Theoretisches Diagramm 107.
Thyllen 10.
Thyrsus 111.
Tierblütler 230.
Tod, natürlicher der Pflanzen 277.
Torsion 182.
Tracheen 45. 65.
Tracheiden 45. 65.
Tragantgummi 13.
Transitorische Stärke 146.
Traube 111.
Traubenkrankheit 305.
Traubenkörper 11.
Traubenzucker 143. 146.
Treppengefäße 45.
Trichogyn 207. 208.
Trichom 73. 100.
Trichotome Verzweigung 79.
Trockenfäule 298.
Trockenstarre 195.
Trockensubstanz 136.
Trugdolde 111.
Tüllen 10.
Tüpfel 9.
Tüpfelgefäße 9.
Tüpfelkanäle 9.
Turgescieren 155.
Turgor 155.
Überdruck der Luft in Wasserpflanzen 164.
Überwallung 297.
Umbella 111.
Umfassende Deckung 106.
Umweibige Blüte 113.
Unguis 117.
Unterbrechung der Vegetation 268.
Unterständiger Fruchtknoten 113. 127.
Unterweibige Blüte 113.
Urmeristem 42. 68.
Ursachen, warum Pflanzen der heißen Zone nicht in kälteren Regionen gedeihen 174.
Vacuolen 14.
Vagina 91.
Variation der Bastarde 331.
Variationsbewegungen 177. 194.
Varietät 330.
Varietäten, Entstehung derselben 328.
Vegetationskegel 68.
Vegetationspunkt 68.
Velamen 50.
Veränderlichkeit der Pflanzenformen 328.
Verbänderung 283.
Verbreitungsagentien 258.
Verbreitungsausrüstungen 258.
Verbreitung der Pflanzen, horizontale 358.
— vertikale 371.
Verbrennliche Stoffe 136.
Verdauungsdrüsen 57.
Verdunstung des Wassers seitens der Pflanze 161.
Vererbung 328.
Verfahren, neue Obstsorten zu ziehen 328.
Vergeilen der Pflanze 280.
Vergrünung 284.
Verholzung der Zellmembran 11. 12.
Verjüngung der Zelle 31.
Verkorkung der Zellmembran 11. 12.
Verlaubung 284.
Verlauf des pflanzlichen Lebens 264.
Verletzungen, äußere, als Krankheitsursachen 291.
Vermehrung, geschlechtliche, siehe Fortpflanzung.
Vermehrung, ungeschlechtliche 199.
Vermehrung durch Sprossung 200.

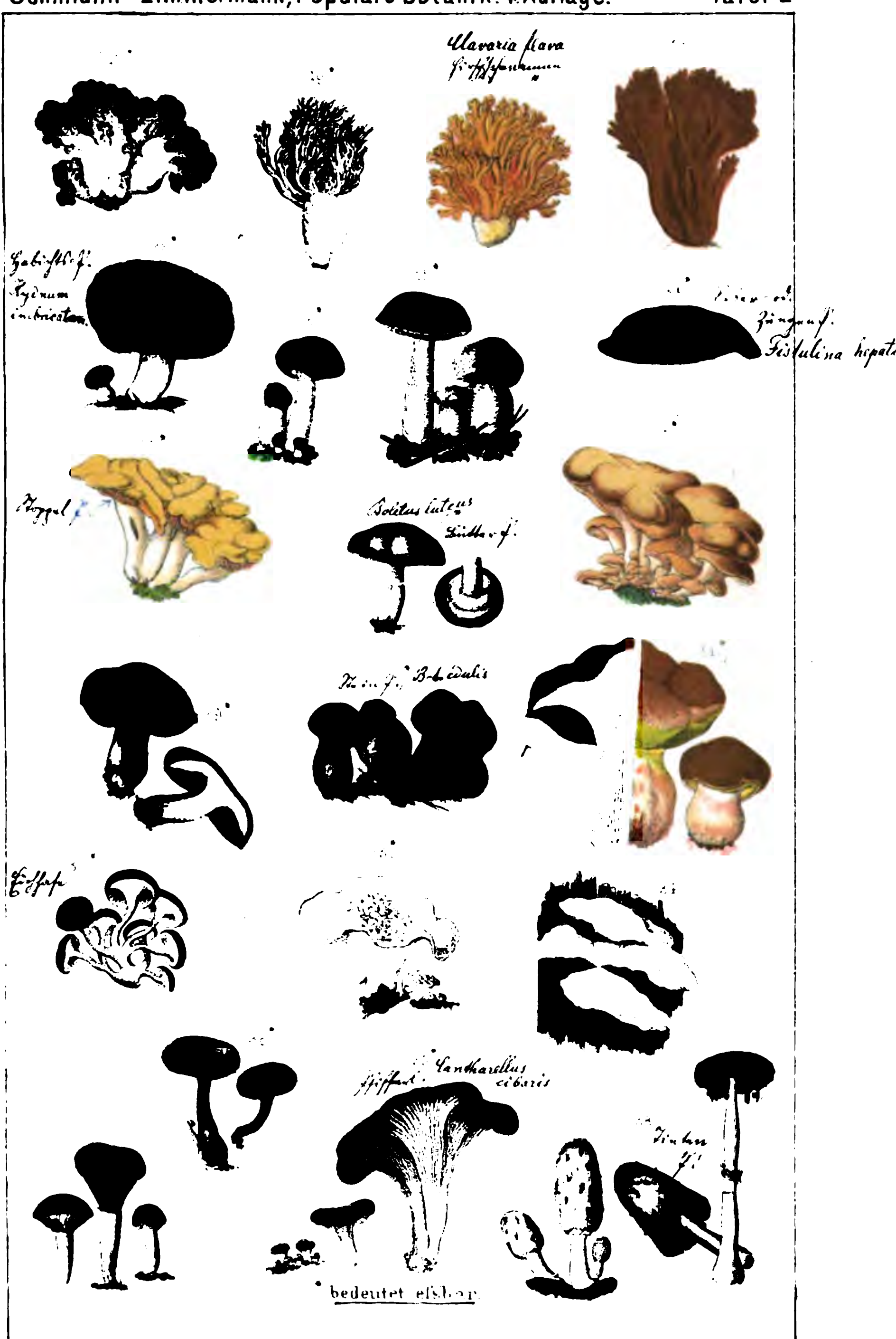
Luftwurzeln 84.
Lumen der Zelle 12.
Magnesium 136. 138.
Makrospore 213.
Makrosporangium 213.
Makrostyl 225.
Margo des Blattes 96.
Mark 67.
Markstrahlen 67.
Maserbildung 297.
Maserknollen 297.
Maserkröpfe 297.
Maskierte Blüte 119.
Mehliger Überzug bei Primeln rc. 57.
Mehltau 304.
Mehrfächeriger Fruchtknoten 125.
Merenchym 40.
Meristem 42.
Mesophyll 95.
Mesostyl 226.
Metamorphose der Pflanzenglieder 72.
Metamorphose, rückschreitende 284.
Metamorphose, vorschreitende 284.
Mikropyle 128.
Mikrosporangium 213.
Mikrospore 213.
Mikrostyl 225.
Milchsaftgänge 48.
Milchsaftgefäße 42.
Milchzellen 42.
Mineralstoffe in der Pflanze 136.
Mißbildungen 282.
Mittelband 123.
Mittellamelle (Mittelschicht zwischen zwei Zellen) 37.
Mittelnerv 95.
Moleküle 155.
Monokarpisch 267.
Monoklinie 221.
Monokotyledonen 130.
Monomer 125.
Monöcische Blüten 220.
Monopodium, monopodial 78.
Monstrositäten 282.
Mutterkorn 309.
Mutualistische Symbiose 278.
Mycelium 208.
Mykocecidien 319.
Nackte Blüte 113.
Nagel 117.
Nährsalze 138.
Nährstoffe 135.
Naht 125.
Narbe 124. 126.
Nasse Fäule 298.
Nebenblatt 92.
Nebenkrone 112.
Nebenprodukte des Stoffwechsels 147.
Nebenwurzel 83.
Nekrose 298.
Nektarien 120.
Nervatur 95.
Netzfasergefäße 45.
Niederblatt 75. 89.
Nodositäten 322.
Nodus, siehe Knoten.
Nucleolus 14.
Nucleus 14.
Nuß 132.
Nüßchen 132.
Nutation 175.
Nux 132.
Nyctitropismus 183.
Nyctitropismus, Zweck desselben 186.
Oberhaut 50.
Oberhautdrüsen 55.
Oberständiger Fruchtknoten 113. 127.
Oberweibige Blüte 113.
Ochrea 92.
Öle, ätherische 26. 147.
Öle, fette 26.
Oogonium 204. 206.
Oospore 206.
Orthostichen 87.
Orthotrope Samenknospe 127.
Ovarium 124.
Ovulum 127.
Oxalsäure, ihre Rolle bei der Assimilation 144.
Oxalsaurer Kalk 28. 144.
Palea 100.
Pallisadenparenchym 40.
Panachierung 289.
Panicula 111.
Pappus 54. 115.
Paracorolla 120.
Paraheliotropismus 193.
Parasitismus 272.
Parastichen 88.
Parenchym 40.
Parthenogenesis 253.
Pech der Reben 307.
Pelorie 119.
Perennierend 77. 266.
Periblem 69.
Periderm 60.
Perigon 104. 114.
Perigynische Blüten 113.
Perikambium 67.
Perikarpium 131.
Periode, große des Wachsthums 157.
Perioden des Pflanzenlebens 264.
Periodizität des Längenwachstums 157.
Peronosporeen als Schmarotzer 301.
Petalum, siehe Blumenkronenblatt.
Petiolus 93.
Pfahlwurzel 82.
Pflanzengeographie 355.
Pflanzenkrankheiten 279.
Pflanzenkrankheiten, Ursachen derselben 280.

Druckfehlerverzeichnis.

Seite 19 Zeile 14 v. u. muß es heißen statt: Luftabschluß Lichtabschluß.
„ 20 „ 7 v. o. muß es heißen statt: Größere Verschiedenheit zeigen schon Größere Verschiedenheit zeigen aber.
„ 49 „ 10 v. o. muß es heißen statt: Aber auch in diesem Aber auch in dem Grundgewebe.
„ 78 „ 12 v. u. muß es heißen statt: herabgelenkt abgelenkt.
„ 78 „ 4 v. u. „ „ „ „ Fig. 67c Fig. 68c.
„ 80 „ 9 v. o. „ „ „ „ 35 Meter 115 Meter.
„ 80 „ 11 v. u. „ „ „ „ gehören gehört.
„ 91 Fig. 76 der Buchstabe am Grunde des Blattstiels darf nicht r, sondern muß v heißen.
„ 92 Zeile 13 v. o. statt Fig. 78b Fig. 78c.
„ 92 „ 6 v. u. statt jenen jenem.
„ 111 „ 16 v. u. muß es heißen statt: doldentraubigen trugdoldenartigen.
„ 112 In Erklärung der Fig. 100 setze man für doldentraubig ebenfalls trugdoldenartig.
„ 113 In der Erklärung zu Fig. 101c muß stehen statt hypogynische epigynische.
„ 307 In Anmerk. statt die Makrostylosporen oder Pykniden die Makrostylosporen in den Pykniden.

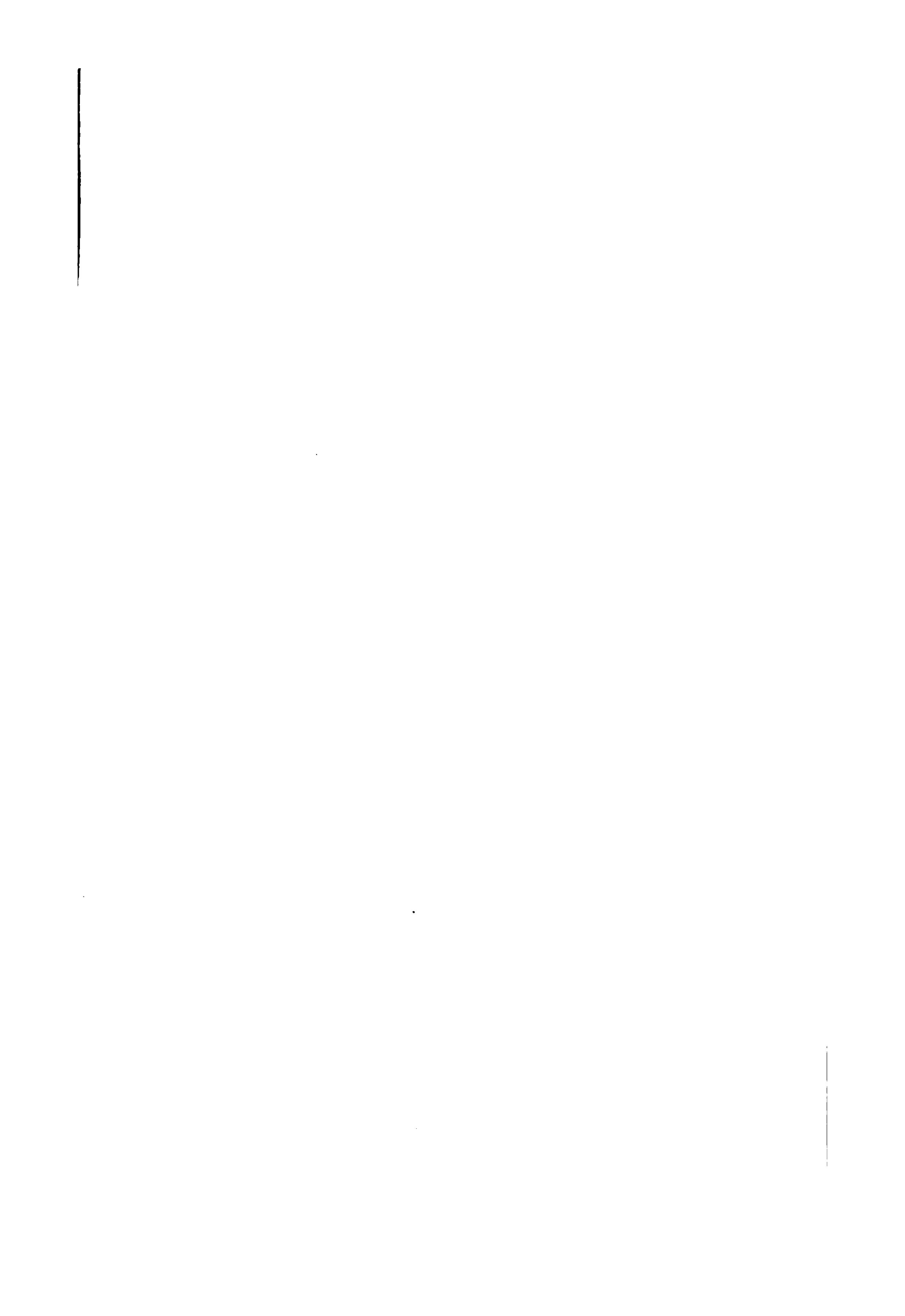


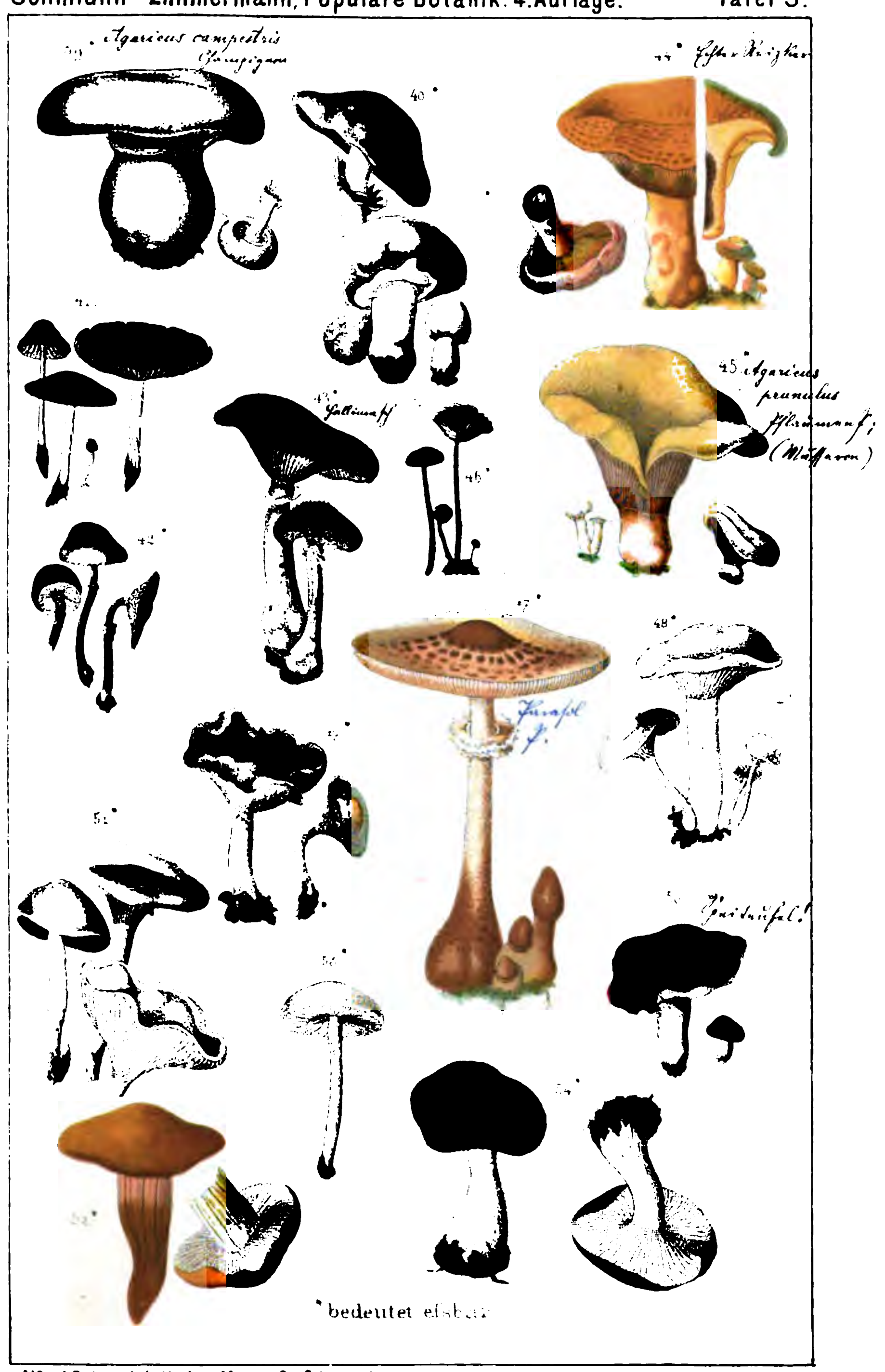
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Furstenau in Leipzig



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geiſsler) in Leipzig

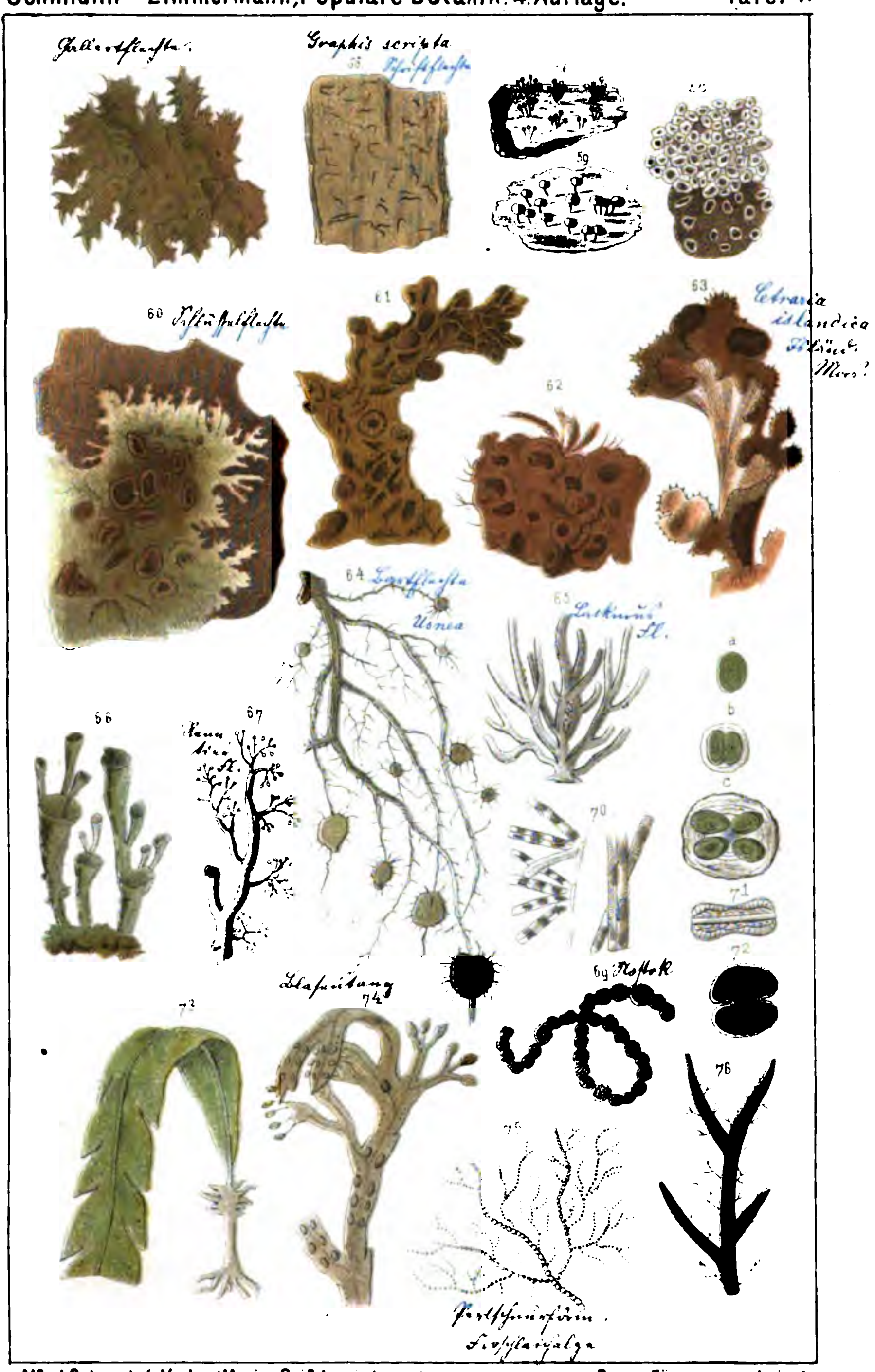
Oscar Fürstenau in Leipzig



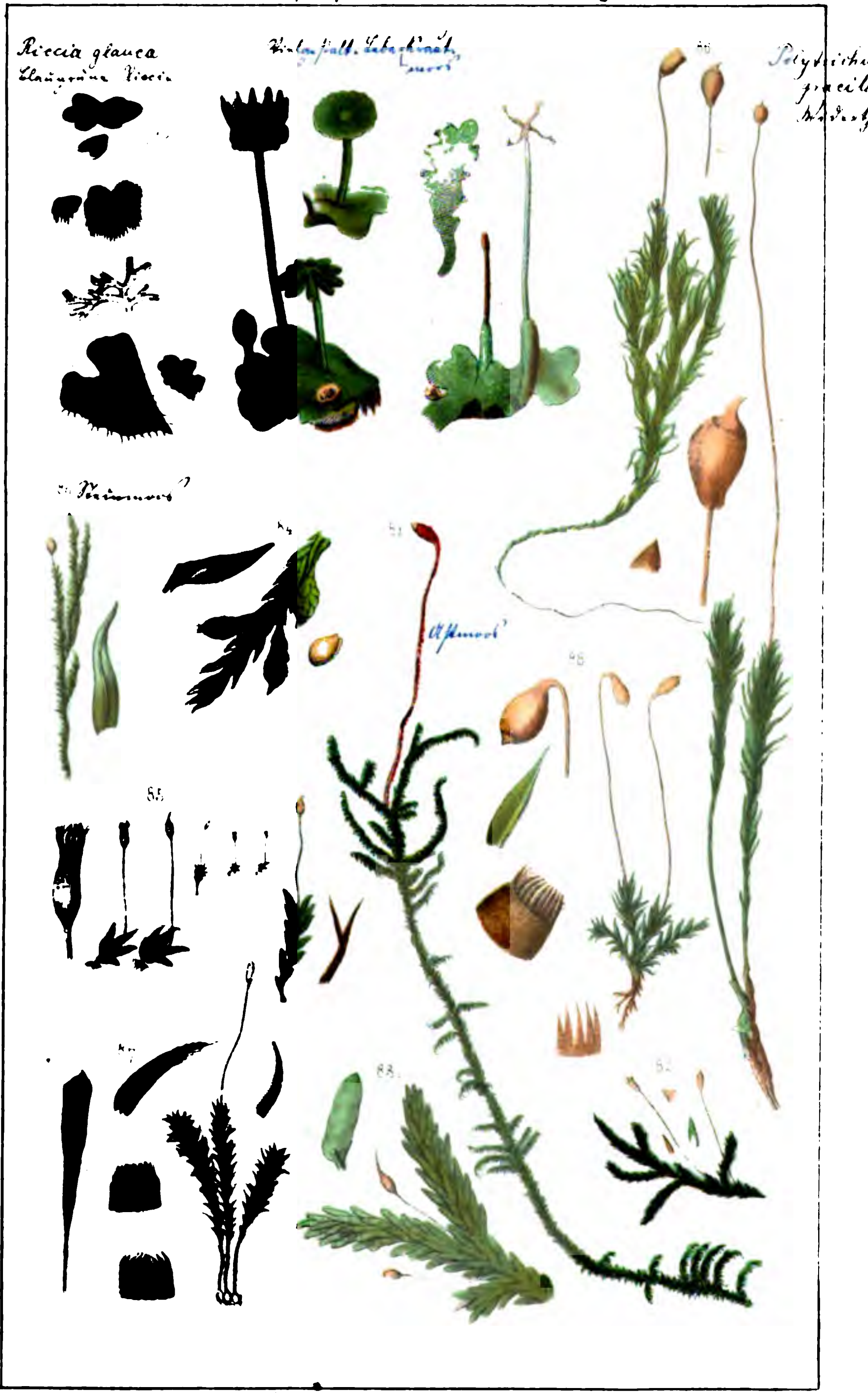


* bedeutet eſsbar

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geiſsler) in Leipzig. Oscar Furstenau in Leipzig

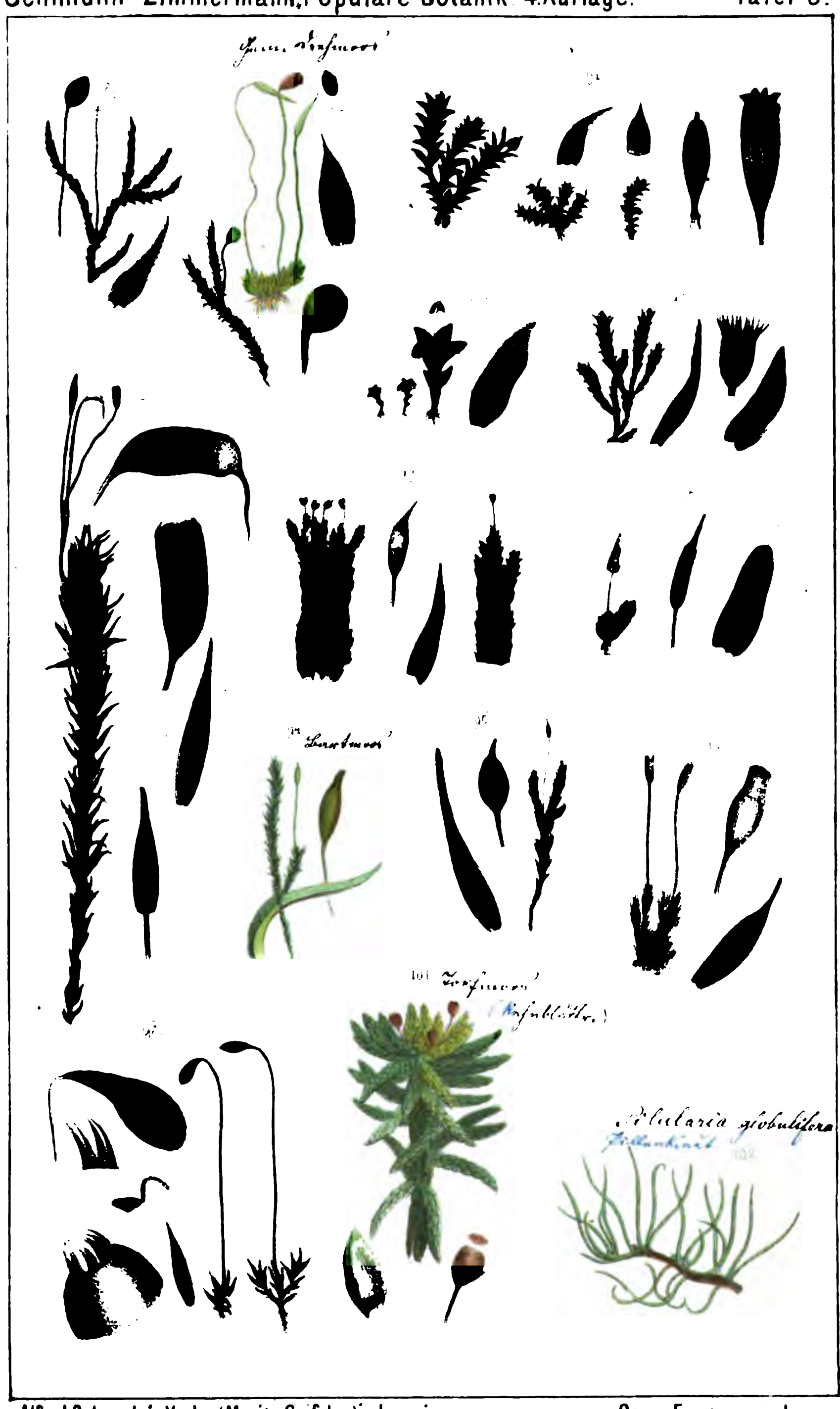


Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig
Oscar Fürstenau in Leipzig



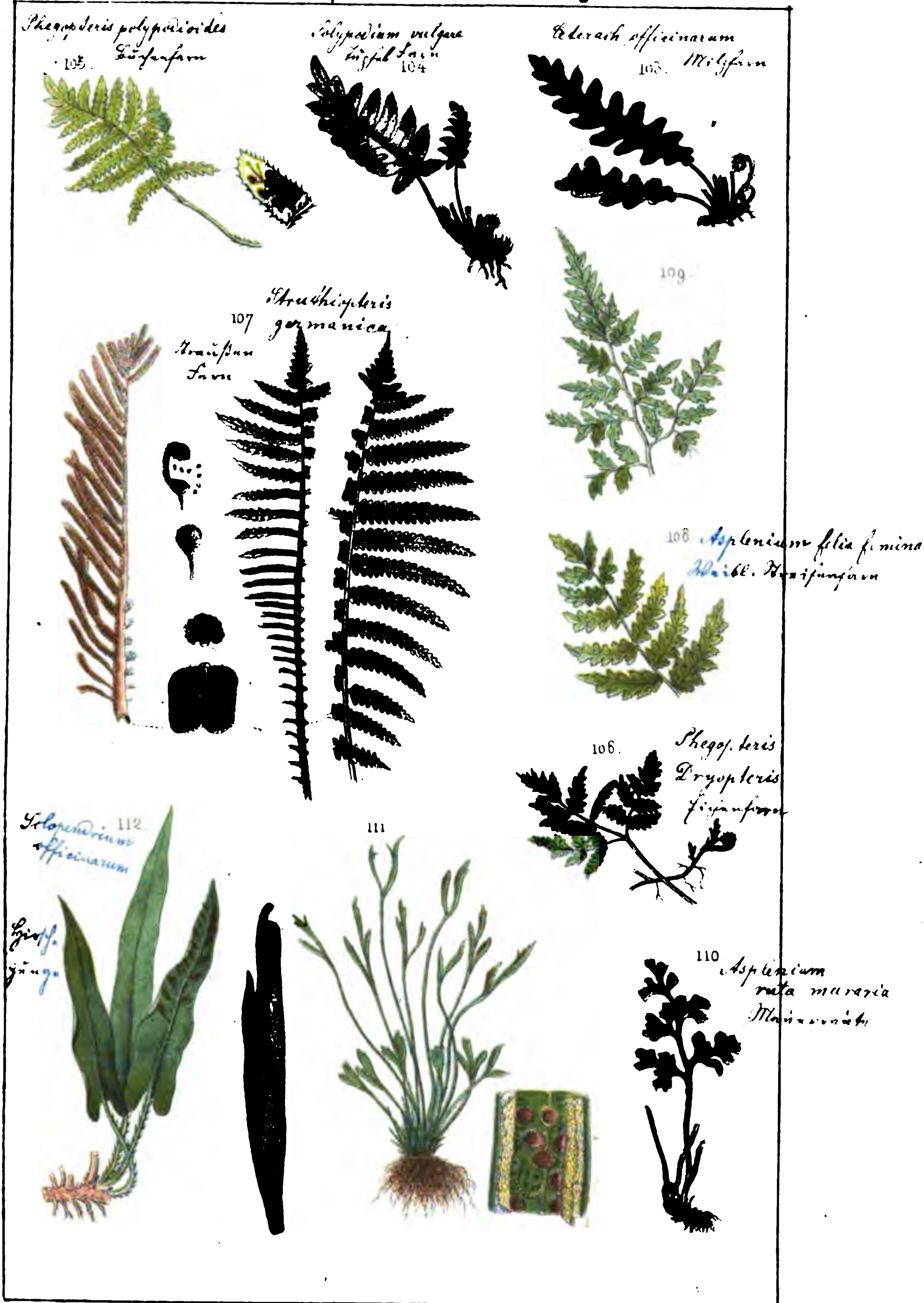
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig

Oscar Fürstenau in Leipzig



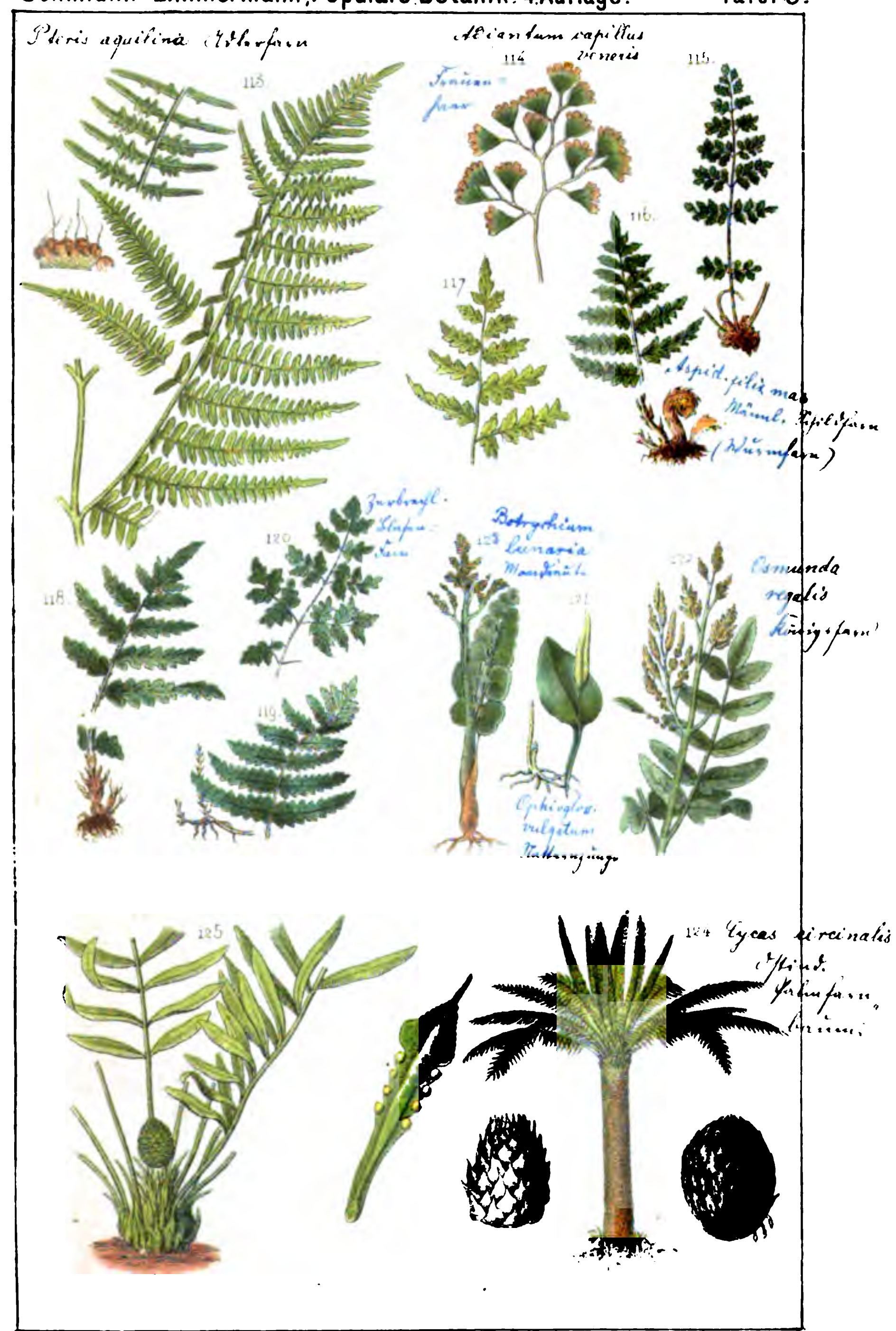
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig

Oscar Furstenau in Leipzig



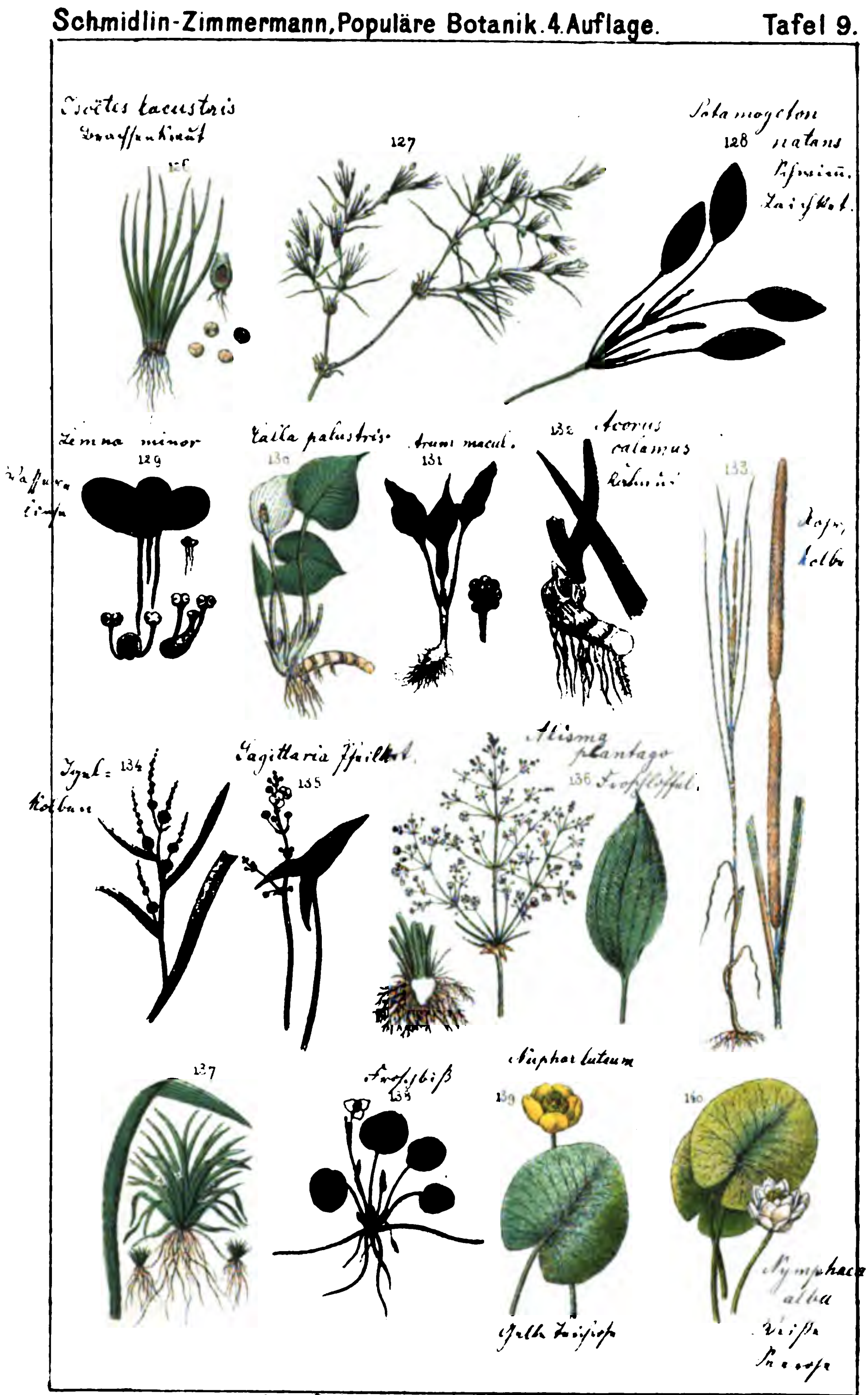
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig
Oscar Fürstenau in Leipzig

Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage. Tafel 8.



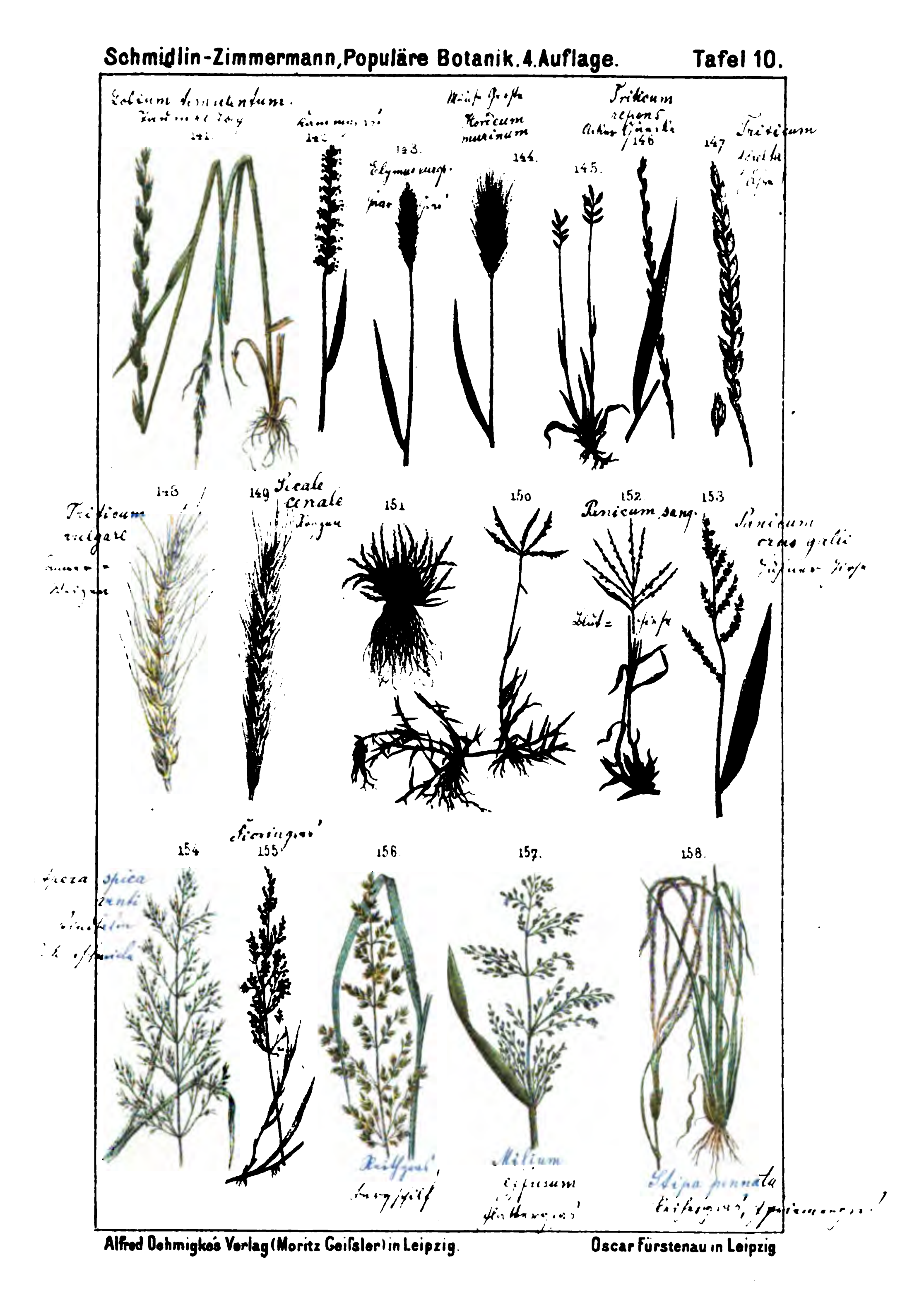
Alfred Oehmigkes Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage. Tafel 9.

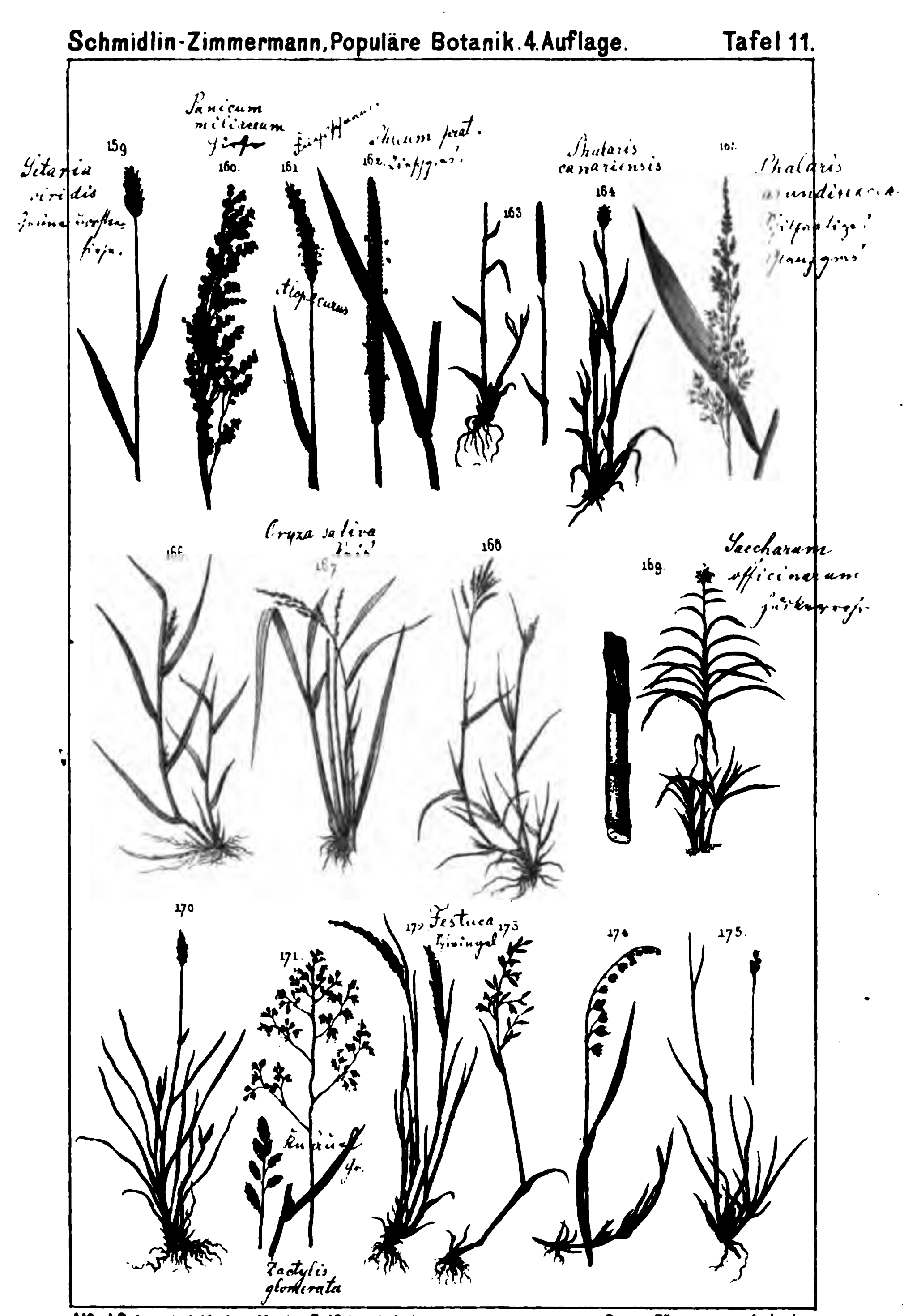


Alfred Oehmigkes Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig.

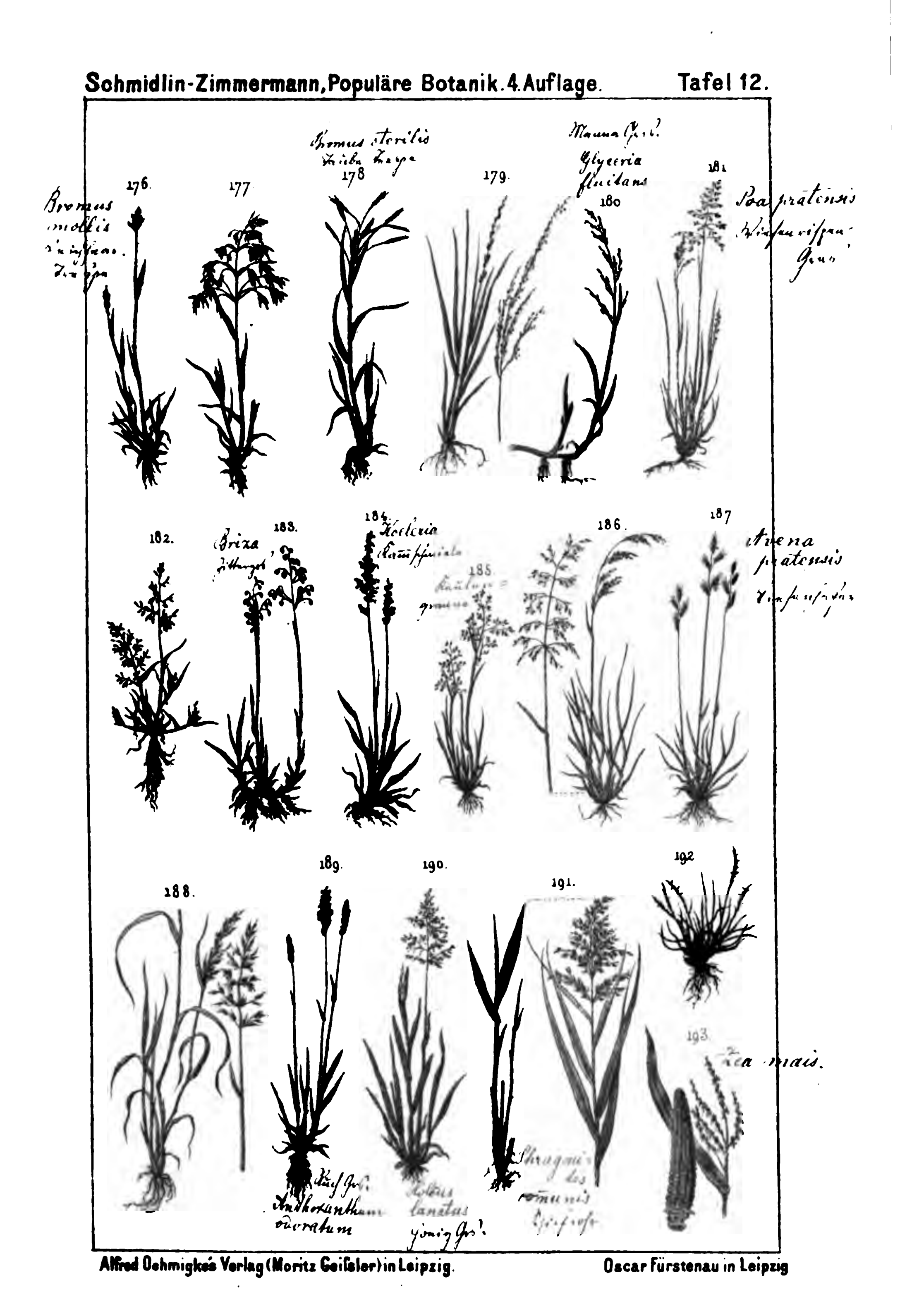
Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage. Tafel 10.



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig



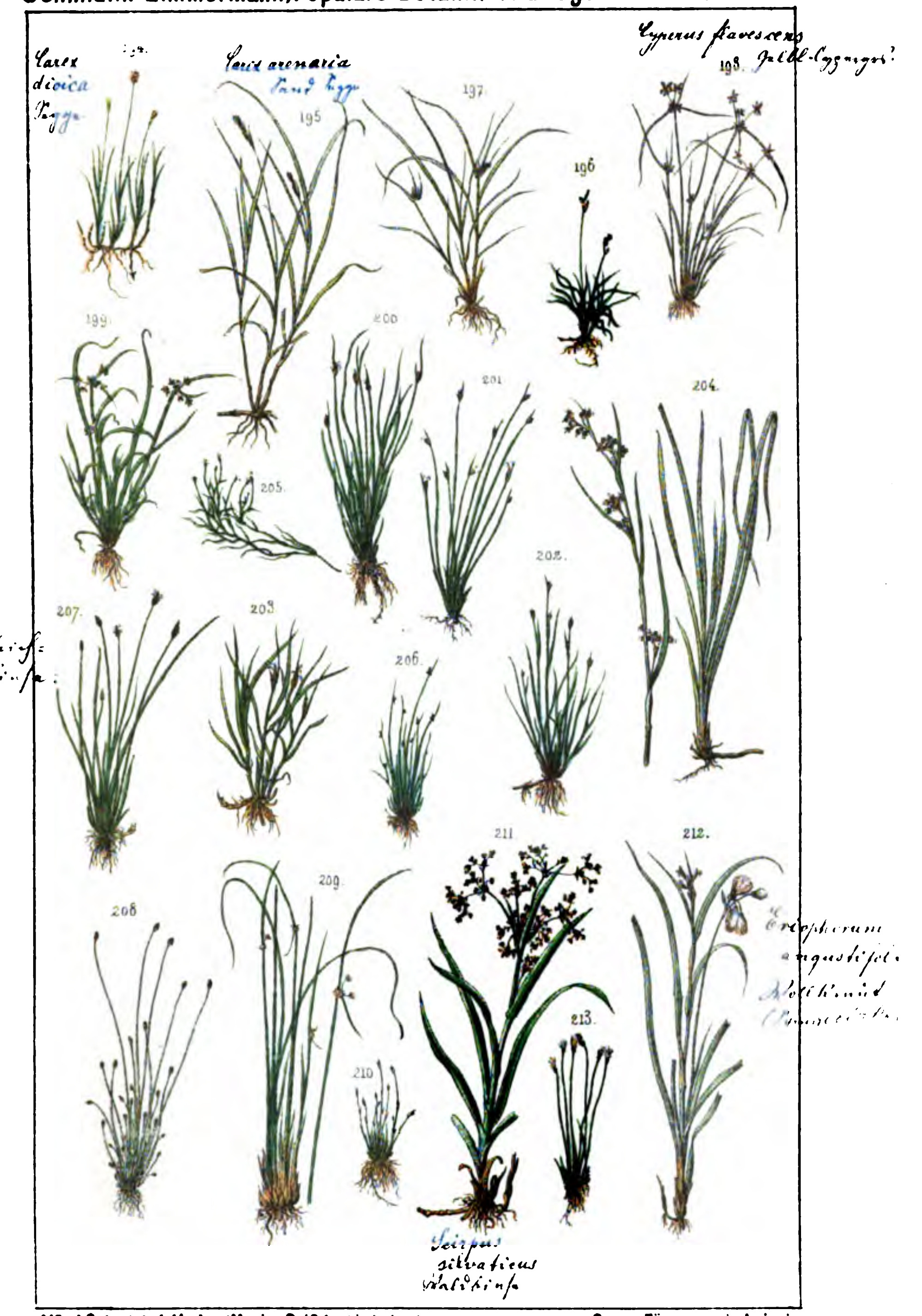
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig
Oscar Fürstenau in Leipzig


Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage.
Tafel 12.
176.
177.
178
179.
180
181
182.
183.
184.
185
186.
187
188.
189.
190.
191.
192
193
Bromus mollis
Bromus sterilis
Glyceria fluitans
Poa pratensis
Briza
Avena pratensis
Anthoxanthum odoratum
Holcus lanatus
Zea mais.
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig.
Oscar Fürstenau in Leipzig

141 142 144 145 146 148 143 147 149 151 150 152 153 156 155 163 160 159 154 161 157 158 167 168 164 162 176 177 165 166 171 178 170 181 172 175 179 169 182 173 174 184 180 190 183 187 188 189 185 186 193 191 192

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage. Tafel 14.



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

Iris pseudacorus

214. 215. 216. 217. 218. 219. 220.

Gladiolus

Narcissus pseudonarc.

Crocus vernus

Leucojum vernum

Juncus

226. 225. 224. 223. 230.

Colchicum autumnale

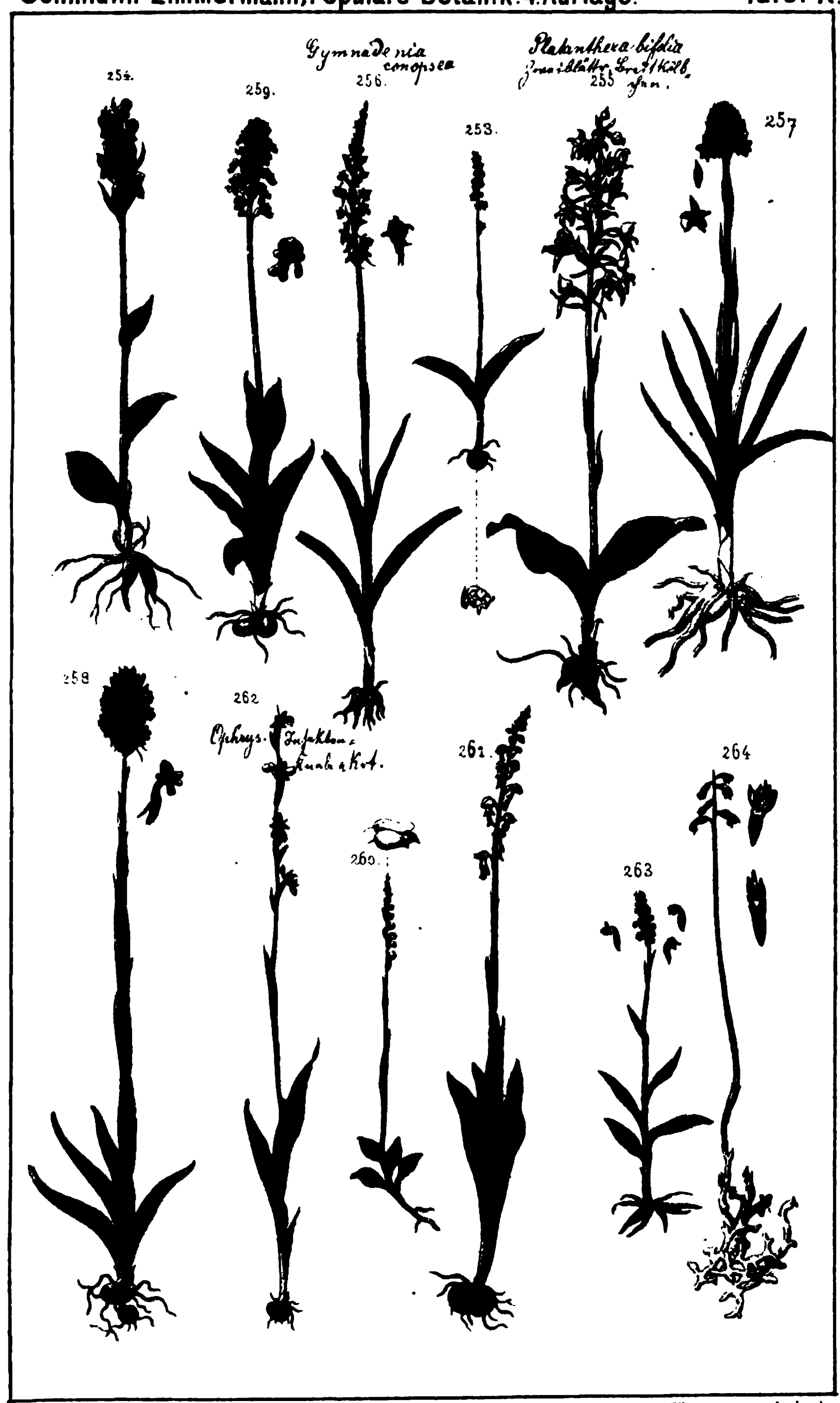
Butomus umbellatus

229. 231. 227. 228.

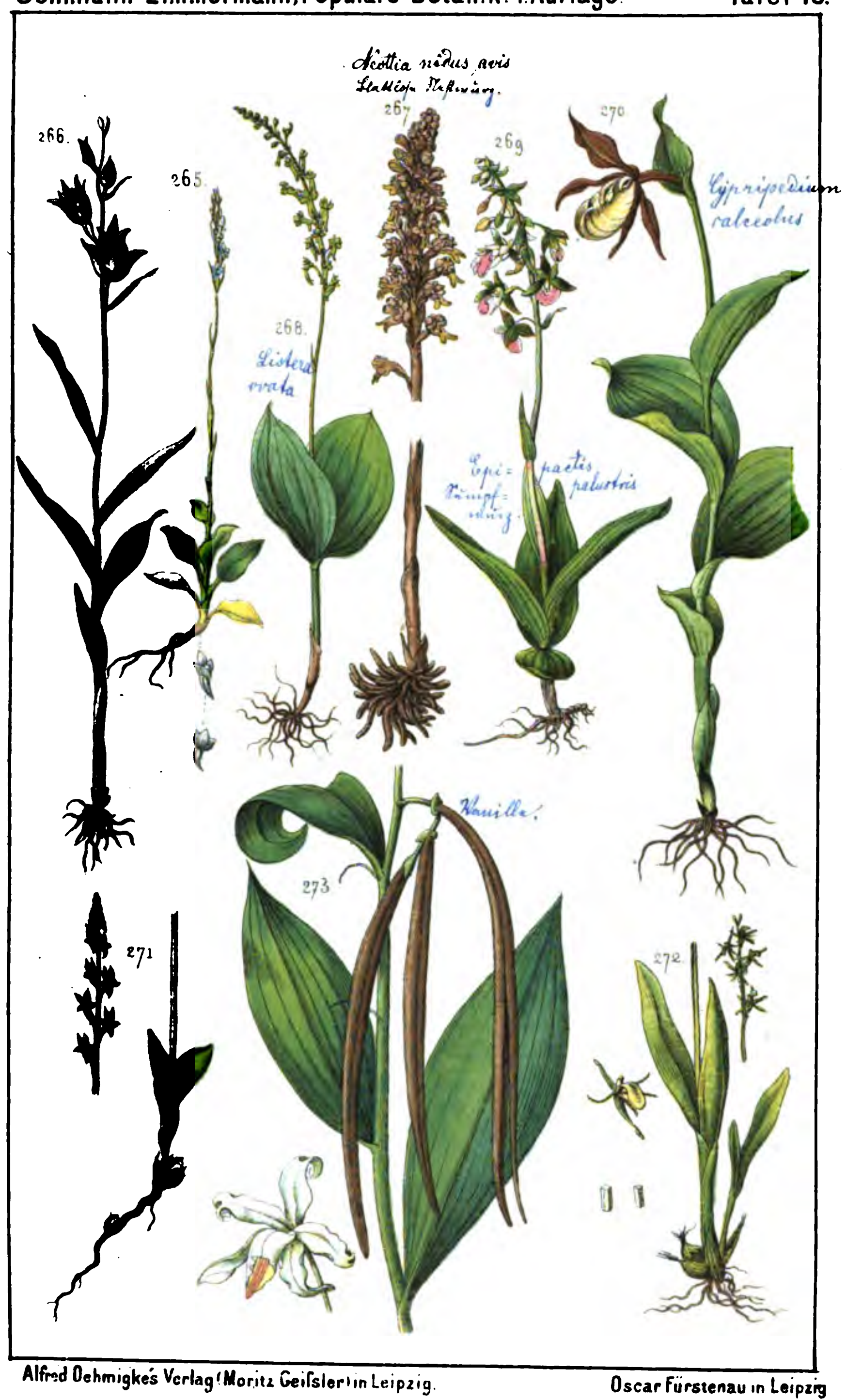
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

221. 222. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252.

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig.



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig.
Oscar Fürstenau in Leipzig

Amomum; (Paradieskörner) 277.

278

275. Ingwer Zingiber officinale.

274.

276.

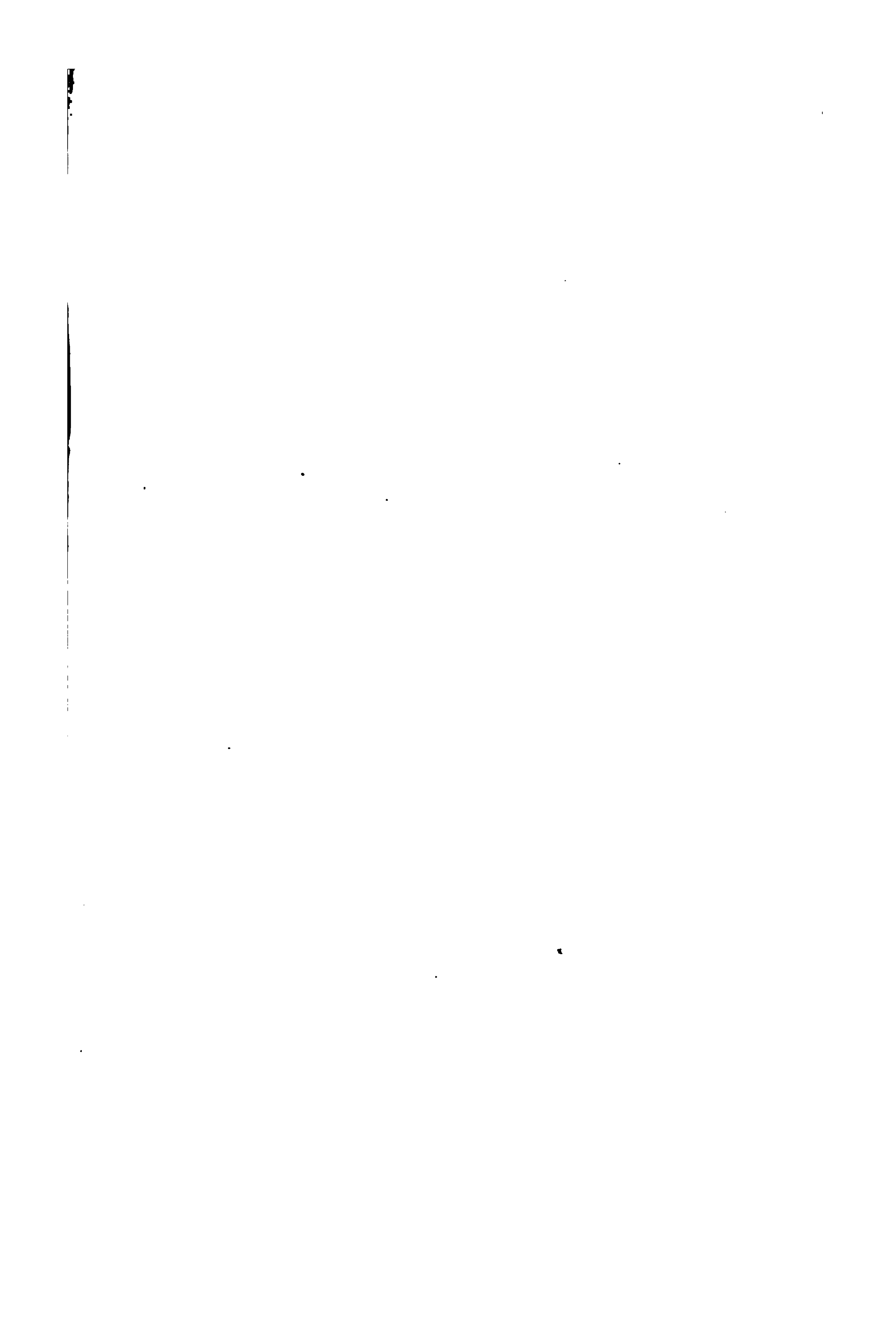
279.

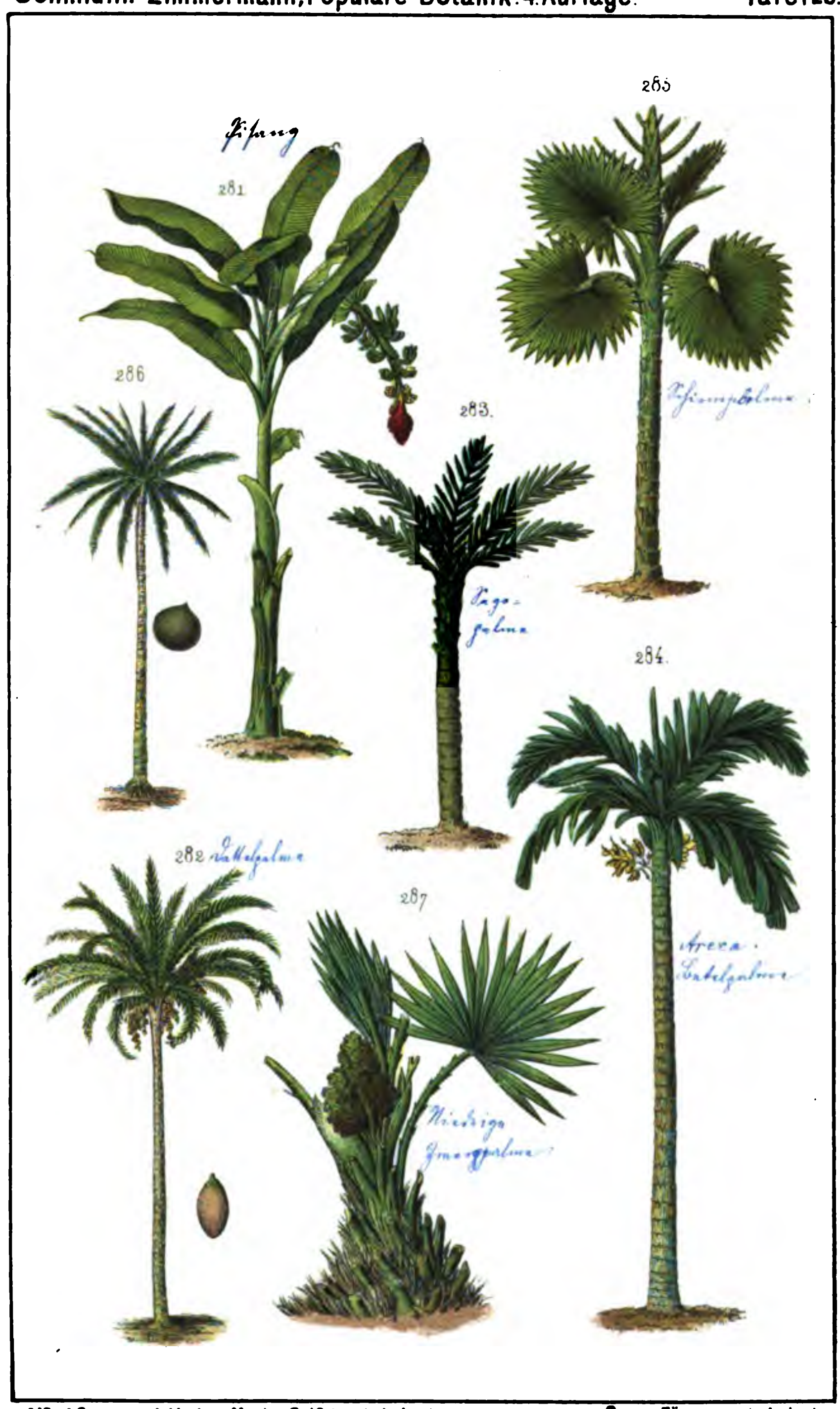
280.

Maranta arundinacea Pfeilwurzel

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig.

Oscar Fürstenau in Leipzig





Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig.

293 291 288 290 289
292
294 295 297 296
304 303 301 306 300 305
302 299
298

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

308. 307. 309. 319. 313. 310. 315. 318. 312. 311. 314. 323. 325. 316. 317. 326. 320. 321. 324. 322. 327.

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

329. 333. Ulmus campestris 335. Parietaria offic.

334. 332. Cannabis 330. Morus nigra

328. Ficus carica

336. 331. Humulus lupulus

340. Aristolochia serp.

337. Mirabilis 341.b 342.

341.a 344.

338. Piper nigrum 345.

339. Aristolochia clemat. 343.

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geissler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

346. 347. 354. 356. 355. 357.

351. 350. 359. 358. 361b. 361. 360.

348. 349. 353a. 352. 353b.

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig



362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370.

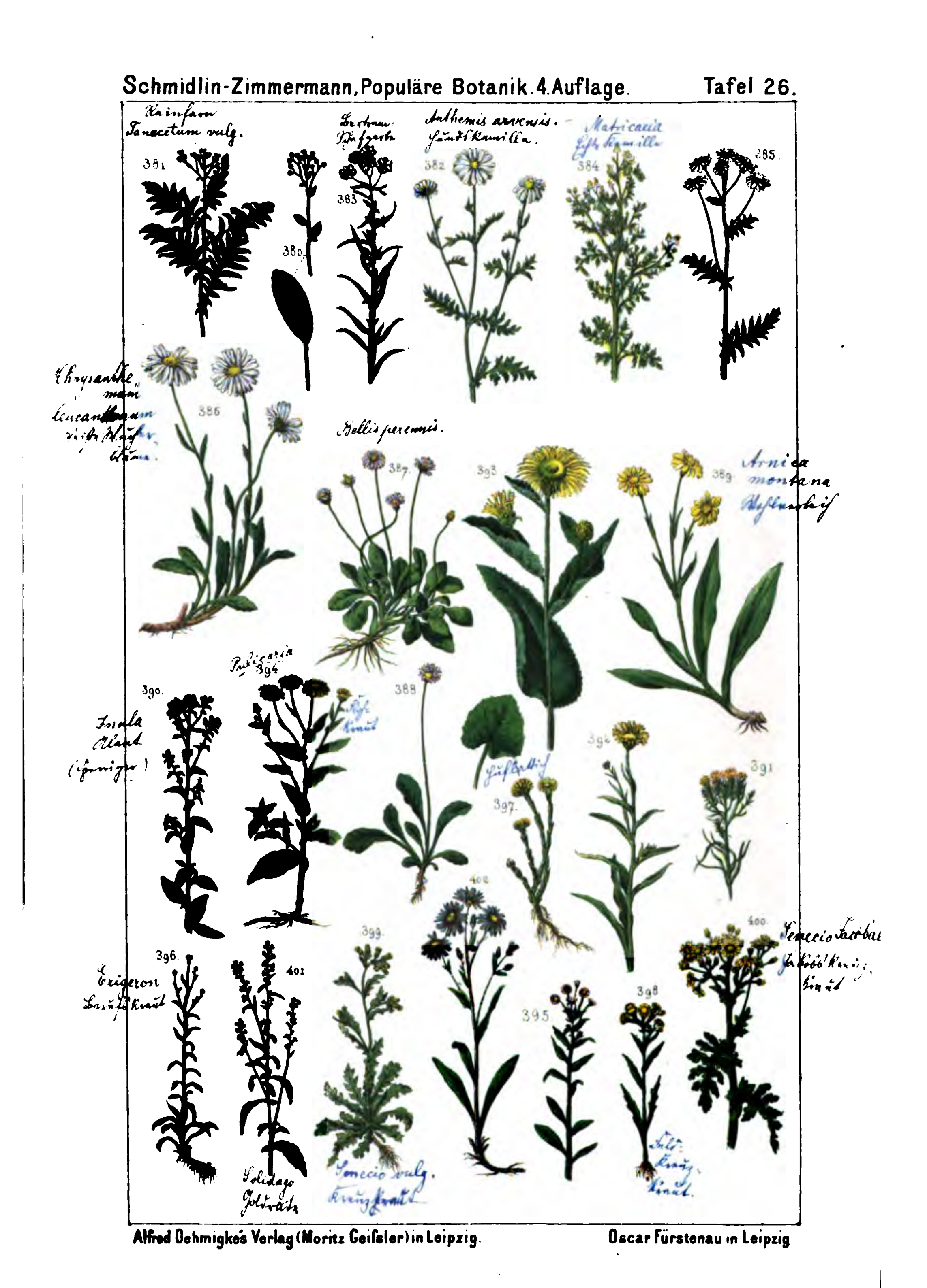
371. 372. 373.

374. 375. 376. 377. 378. 379.

Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geifsler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig

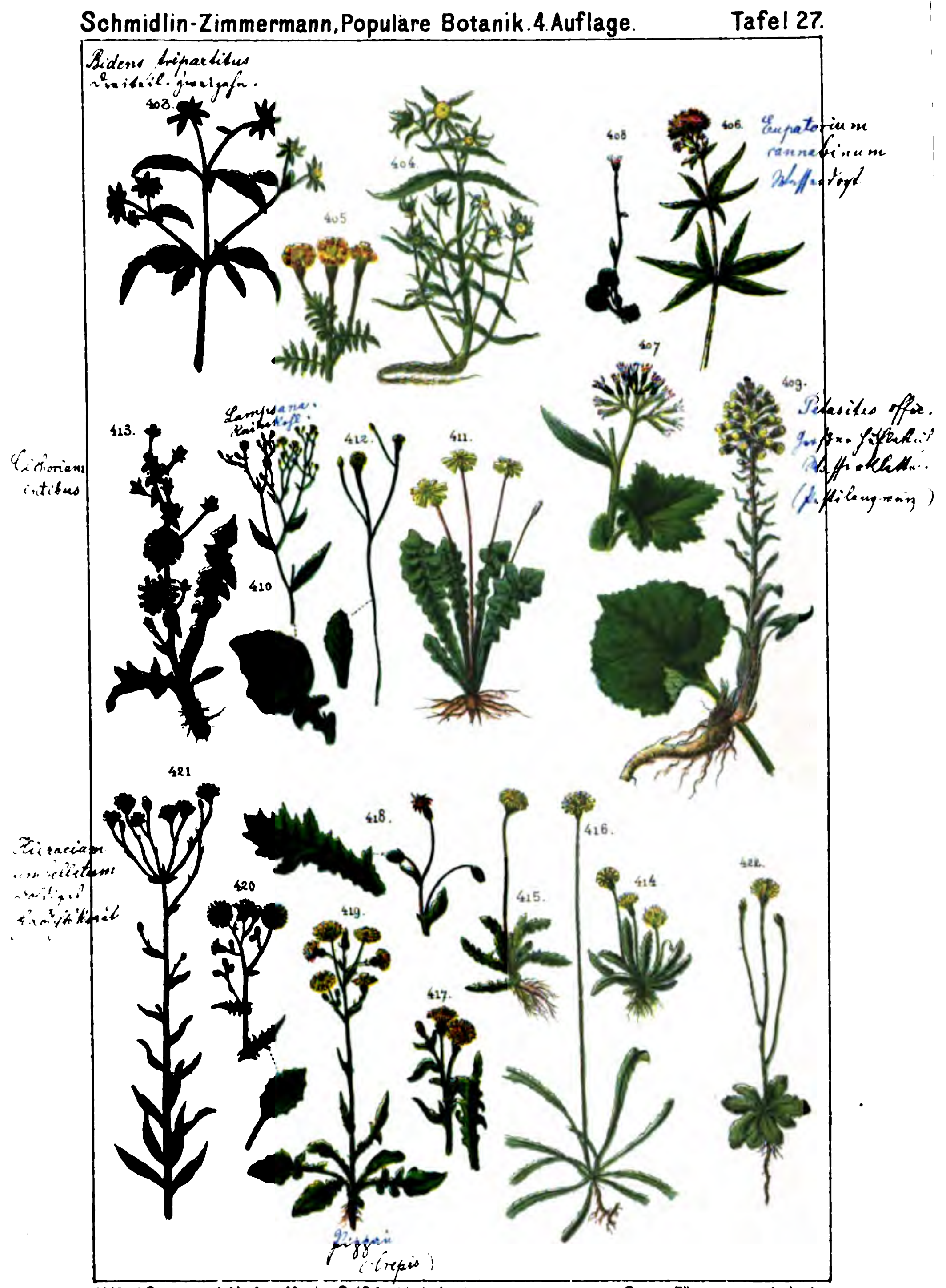


Schmidlin-Zimmermann, Populäre Botanik. 4. Auflage. Tafel 26.

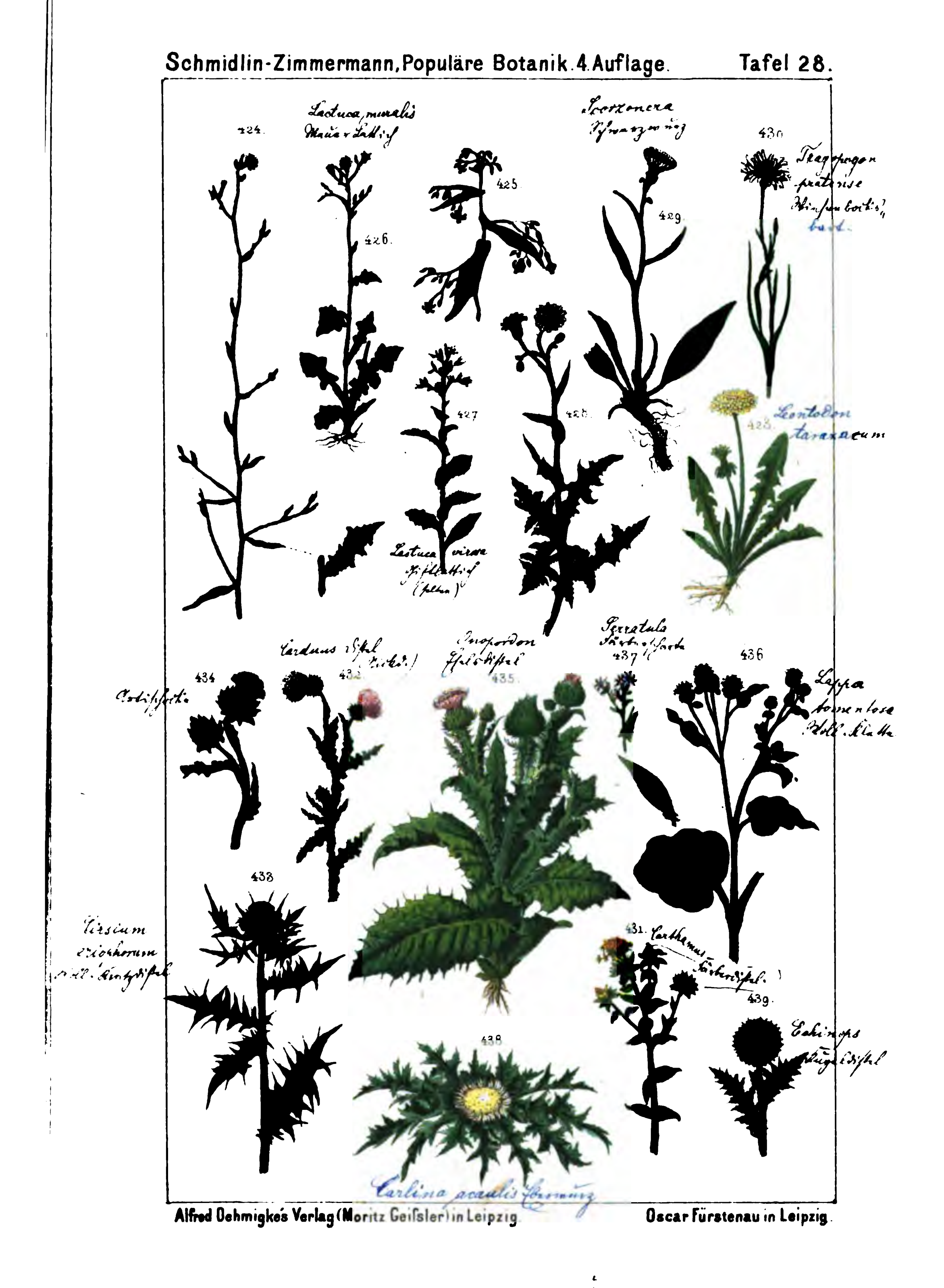


Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig





Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig



Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig.

440. 443. 442.a Bryonia alba

Cucumis melo. 444.

445. 442.b 441.

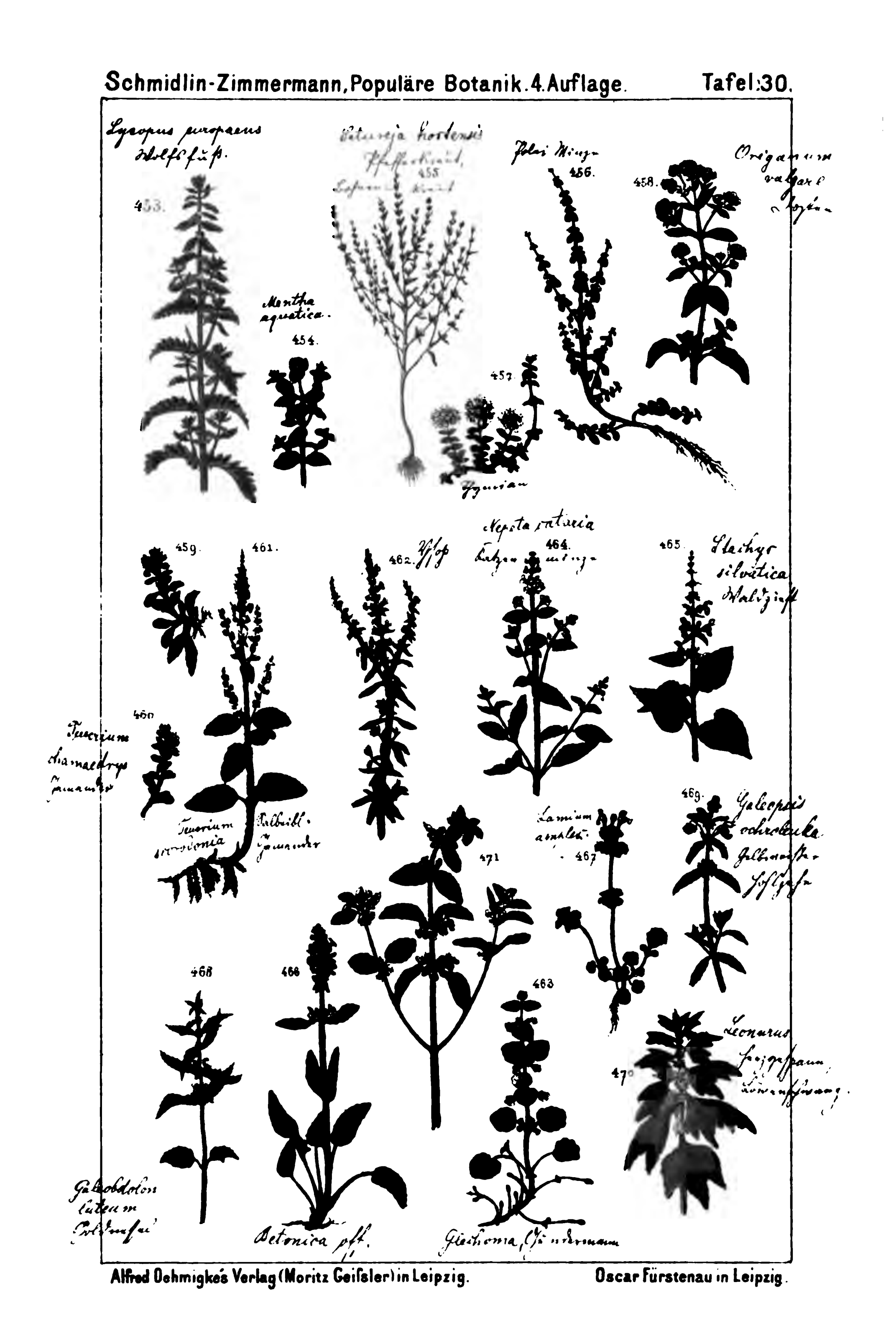
446 447

449. Lobelia 448. 451. 450. 452.

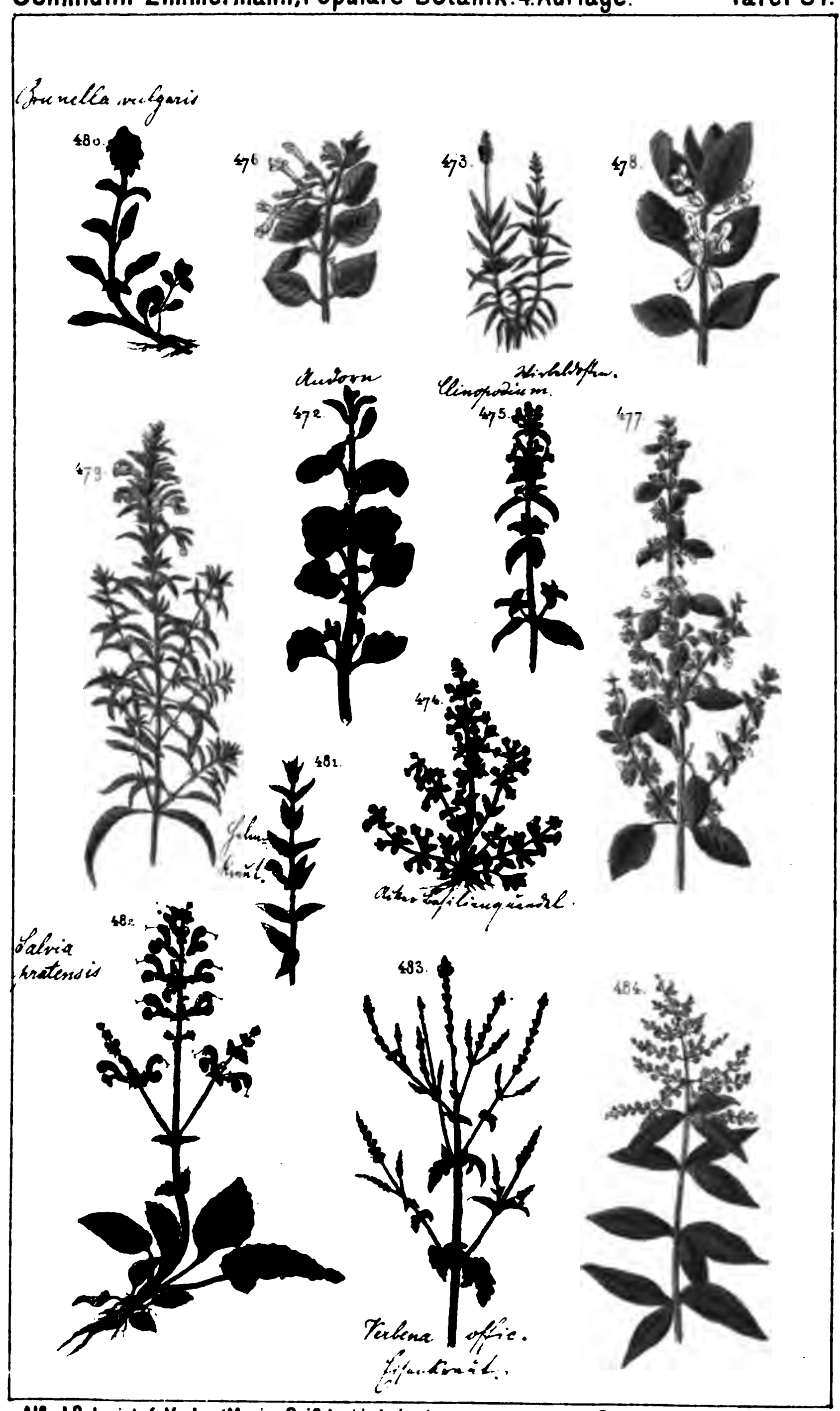
Campanula patula

Phyteuma spicatum

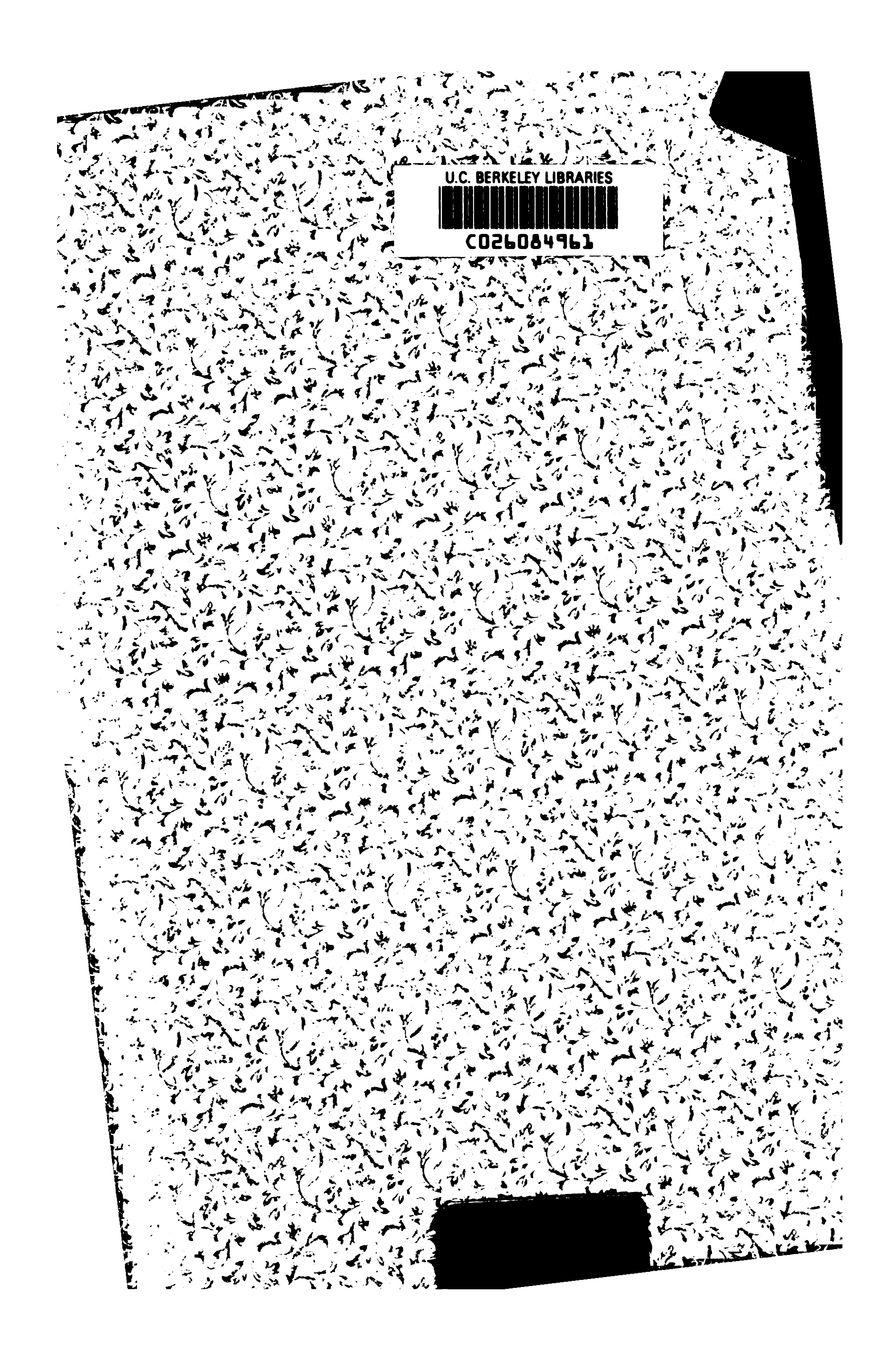
Alfred Oehmigke's Verlag (Moritz Geißler) in Leipzig. Oscar Fürstenau in Leipzig.



Lycopus europaeus
453.
Mentha aquatica
454.
455
456.
457.
458.
Origanum vulgare
459.
460
461.
462.
463
464.
Nepeta cataria
465.
Stachys silvatica
466
467
468
469.
Galeopsis ochroleuca
47
471
Teucrium chamaedrys
Teucrium scorodonia
Leonurus
Betonica
Glechoma


480.
476
473.
478.
472.
475.
477
479
481.
474.
482.
483.
484.
Salvia pratensis
Verbena offic.

453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. u. 484.



U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026084961